

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

Л.С. Кравченко

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
СБОРКИ

Учебное пособие

ХАРЬКОВ 2004

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Л.С. Кравченко

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Учебное пособие
для студентов машиностроительных специальностей

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол №2 от 21.03.2002

Харьков НТУ"ХП"2004

ББК 34.68
УДК 621.757:658.52.011.56
К78

Рецензенти: Арпентьев Б.М., д-р техн. наук, проф., зав. кафедрою,
Українська інженерно-педагогічна академія; Раб О.Х., канд. техн. наук,
проф., Національний технічний університет "ХПІ".

Кравченко Л.С. Розробка технологічного процесу складання: Навч.
посібник для студентів машинобудівних спеціальностей. – Харків: НТУ
„ХПІ”, 2004 р.- 146 с. – Рос. мовою.

Викладаються загальні питання і особливості розробки технологічного процесу складання виробів машинобудування. Розглядається приклад розробки і нормування технологічного процесу складання черв'ячного редуктора. Наведені дані щодо виконання технологічного розділу в випускних роботах бакалавра і спеціаліста, а також дані для проведення аудиторних занять з курсу "Складання машин".

Ил. 19. Табл. 32. Библиограф. 64 назв.

Излагаются общие вопросы и особенности разработки технологического процесса сборки изделий машиностроения. Рассматривается пример разработки и нормирования технологического процесса сборочных работ сборки червячного редуктора. Приведены данные для выполнения технологического раздела в выпускных работах бакалавра и специалиста, а также данные для проведения аудиторных занятий по курсу „Сборка машин”.

Ил. 19. Табл. 32. Библиограф. 64 назв.

ББК 34.68
©Л.С. Кравченко, 2004 р.
© НТУ „ХПІ”, 2004 р.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	6
1 Вопросы сборочного производства	
1.1. Изделия в машиностроении	7
1.2. Виды соединений	12
1.3. Сборка и ее виды	16
1.4. Технологический процесс сборки (ТПС) и его составные части	22
1.5. Виды сборочных работ	26
2 Общие вопросы разработки	
2.1. Основные требования к ТПС	30
2.2. Последовательность разработки ТПС.....	30
2.3. Этапы разработки ТПС и их содержание	34
2.3.1. Исходные данные	34
2.3.2. Технологическая проработка чертежей	35
2.3.3. Типы сборочного производства и их виды	38
2.3.4. Организационные формы сборки и их выбор	43
2.3.5. Размерный анализ и расчет сборочных размерных цепей	50
2.3.6. Разбивка изделия на сборочные единицы (СБЕ) и установление последовательности сборки изделия	61
2.3.7. Построение технологических схем сборки	66
2.3.8. Дифференциация и концентрация ТПС.....	74
2.3.9. Разработка маршрута сборки	76
2.3.10. Разработка содержания сборочных операций.....	78
2.3.11. Подготовка технологической документации процесса сборки	82
2.4. Технологические методы сборки и их особенности	83

3 Нормирование сборочных работ	97
Список литературы и перечень стандартов используемых при ТПС.	
.....	105
Приложение А. Таблицы к выбору нормативно-справочных	
данных	110
Таблица 1 – Слесарные и сборочные операции. Ключевые слова и их условные коды (по ГОСТ 3.1703-79 и классификатору сборочных операций)	111
Таблица 2 – Контрольные операции и их условные коды.....	113
Таблица 3 – Вспомогательные работы при сборке изделий в машиностроении [22;24;25].....	113
Таблица 4– Виды слесарных работ в процессе сборки [22;24;25].....	114
Таблица 5 – Виды слесарно-сборочных работ при сборке машин и приборов в условиях массового, крупносерийного и серийного типов производств [22;25].....	115
Таблица 6 – Выбор типа производства в зависимости от объема выпуска, номенклатуры, количества изделий по серийности и коэффициента закреплений операций [7;17;29]	116
Таблица 7 – Смещения $\pm f_x$ средней плоскости венца червячной передачи (по ГОСТ3675-81)	117
Таблица 8 – Рекомендуемая осевая игра для конических однорядных роликовых подшипников[4].....	117
Таблица 9 – Предельные отклонения ленты стальной холоднока- таной из низколегированной стали ГОСТ 503-71	117
Таблица 10 – Оценка структуры изделия	118
Таблица 11 – Оценка структуры ТСС.....	118

Таблица 12 – Значения постоянных коэффициентов C_1 и C_2 , найденные с учетом величины коэффициентов Пуассона μ_1 и μ_2 охватывающей и охватываемой деталей [20]. Значение модуля упругости E	118
Таблица 13 – Нормативы времени на слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях крупносерийного и массового производств	120
Таблица 14 – Нормативы времени на слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях среднесерийного производства.....	122
Таблица 15 –Нормативы времени на слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях единичного производства	123
Таблица 16 – Нормативы оперативного времени на перевертывание, перемещение, протирание, смазывание, контрольные измерения	126
Таблица 17 – Установка шпонок, штифтов, дисков и сальников. Оперативное время	127
Таблица 18 – Регулировочные работы. Оперативное время	132
Таблица 19 – Нормативы подготовительно-заключительного времени на обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности	138
Приложение. Б. Примеры оформления технологических документов	142

Предисловие

Учебное пособие подготовлено в соответствии с программой курса «Сборка машин», для бакалавров специальности «Технология машиностроения». Оно должно помочь студентам усвоить изучаемый курс, выработать практические навыки в проектировании технологических процессов сборки (ТПС), подготовить студентов к выполнению разделов технологических дипломных работ бакалавра и специалиста.

Использование пособия в учебном процессе должно содействовать развитию технологического мышления у студентов, обеспечить выполнение курсового проекта и подготовку к аудиторным занятиям. При малом объеме аудиторных занятий, отведенных на курс «Сборка машин», учебное пособие дает возможность лектору уделить больше внимания рассмотрению вопросов сборки типовых сборочных единиц машин и механизмов, контроля точности сборочных соединений, проектирования приспособлений при сборке и др.

Таблицы справочных сведений содержат наименование и шифр слесарно-сборочных и контрольных операций, ключевые слова, виды вспомогательных и слесарно-сборочных работ. Приведены сведения по выбору типа производства и форм организации сборочных работ, нормы точности цилиндрических, конических и червячных передач, по выбору осевой игры в подшипниках качения; нормативы времени на основные виды сборочных работ для различных типов производства. Стандарты по всем этапам разработки технологического процесса сборки машин, включенные в это учебное пособие, соответствуют действующим стандартам.

Содержание этапов проектирования рассмотрено на примере разработки технологического процесса сборки червячного редуктора.

Основные понятия, расчетные зависимости, примеры проектирования и расчета приведены в объеме, достаточном для решения задач по курсу «Сборка машин» и при выполнении раздела по сборке в выпускных работах бакалавра и специалиста по технологии машиностроения.

1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1 Изделия в машиностроении

Объектами сборочного производства в машиностроении являются изделия и их составные части.

И з д е л и е м в соответствии с ГОСТ 215895-77 считается единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах. По ГОСТ 2.101-68 изделием может быть любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. В машиностроении изделием может быть любая машина, ее составные части в сборе или отдельные детали в зависимости от того, что является продуктом конечной стадии данного производства. Например, для станкостроительного завода изделием является станок, автоматическая линия, для инструментального завода – режущий инструмент, для автоматического производства крепежных деталей – болт, гайка, и т.д.

В зависимости от назначения, изделия делят на изделия основного производства и на изделия вспомогательного производства.

К изделиям *основного производства* относят изделия, предназначенные для поставки (реализации).

К изделиям *вспомогательного производства* относят изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия в связи с выполнением программы основного производства. По ГОСТ 2.101-68 установлены следующие виды изделий:

- детали;
- сборочные единицы;
- комплексы;
- комплекты.

С учетом структуры, т.е. в зависимости от наличия или отсутствия в изделии составных частей, его делят на неспецифицированные (не имеют составных частей) и на не специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты) – состоящие из двух и более составных частей.

К достаточно сложным специфицированным изделиям можно отнести, например, автомобиль, турбину, локомотив, которые включают десятки, сотни и даже десятки тысяч сборочных единиц и деталей, а также комплекты запасных частей, инструмента, принадлежностей и т.п.

Типовое изделие – изделие, принадлежащее к группе изделий, близкой по конструкции, обладающее наибольшим количеством конструктивных и технологических признаков этой группы.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например вал из одного куска материала, литой корпус, пластина из биметаллического листа и т.п. К деталям относят изделия, подвергнутые покрытиям, или изготовленные с применением местной сварки, пайки, склейки, например многогранная сменная твердосплавная пластина с износостойким покрытием, трубка, спаянная из одного куска материала и т.п.

Базовая деталь – деталь, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней сборочные единицы СБЕ или другие сопрягаемые детали. За базовую принимают ту деталь СБЕ, которая имеет базовые присоединительные поверхности, обеспечивающие при сборке требуемое по точности относительное расположение других деталей или сборочных единиц в изделии. В червячном редукторе базовой деталью является корпус или, например, вал червячного колеса, базовые поверхности которого влияют на точность расположения червячного колеса относительно оси вращения вала, установленного на двух опорах в подшипниках качения.

Сопряженная деталь – одна из деталей, имеющая сопряжение с другими деталями.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, развальцовкой, сваркой и т.п.), например автомобиль, станок, редуктор маховичок из пластмассы с металлической арматурой и т. п. Технологическим признаком СБЕ является возможность ее сборки обособлено от других элементов изделия.

СБЕ считается технологичной при сборке, если она может расчленяться на составные части с учетом принципа агрегатирования и состоит из стандартных и унифицированных частей.

В зависимости от степени входимости СБЕ в изделие они могут быть различных порядков. СБЕ первого порядка (первой ступени входимости, рис.1.1) называется СБЕ, непосредственно входящая в изделие (коробка скоростей, коробка подач и т.д.). СБЕ второго порядка (второй ступени входимости), например вал в сборе, сектор 25 в сборе, рейка 7 в сборе (рис.1.2),

которые входят в механизм переключения скоростей. Узел третьего порядка, например корпус 4 в сборе, непосредственно входит в СБЕ вала 6 в сборе и т.д.

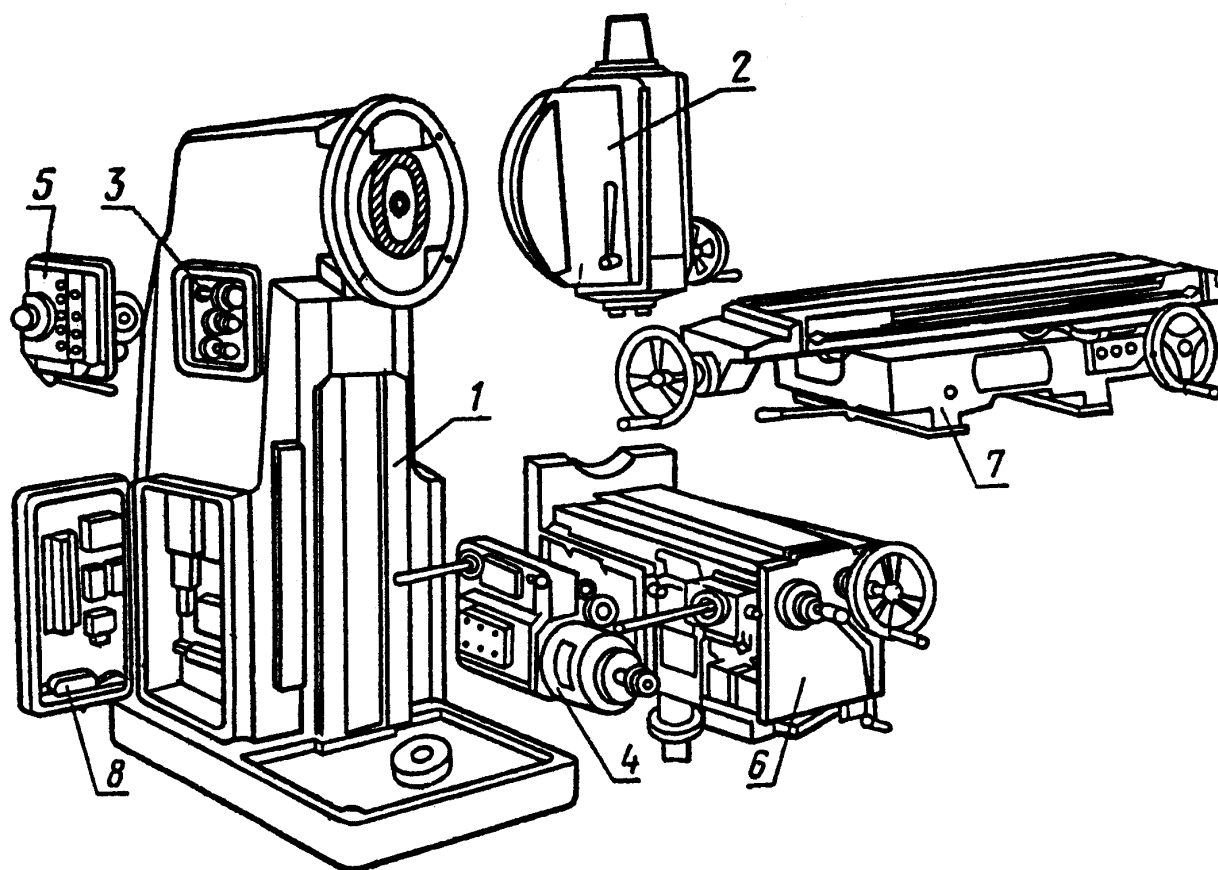


Рисунок 1.1– Схема расчленения консольно-фрезерного станка на сборочные единицы: 1 – станина в сборе; 2 – поворотная головка; 3 – коробка скоростей; 4 – коробка подач; 5 – консоль; 6 – стол и салазки; 7– электрооборудование

СБЕ, которая собирается на n -м этапе процесса сборки, называется СБЕ n -го порядка. СБЕ, состоящая только из деталей, называется СБЕ высшего порядка, например подшипник качения. Рассмотренное деление изделия на составные части производится по технологическому признаку и используется при разработке технологических процессов сборки.

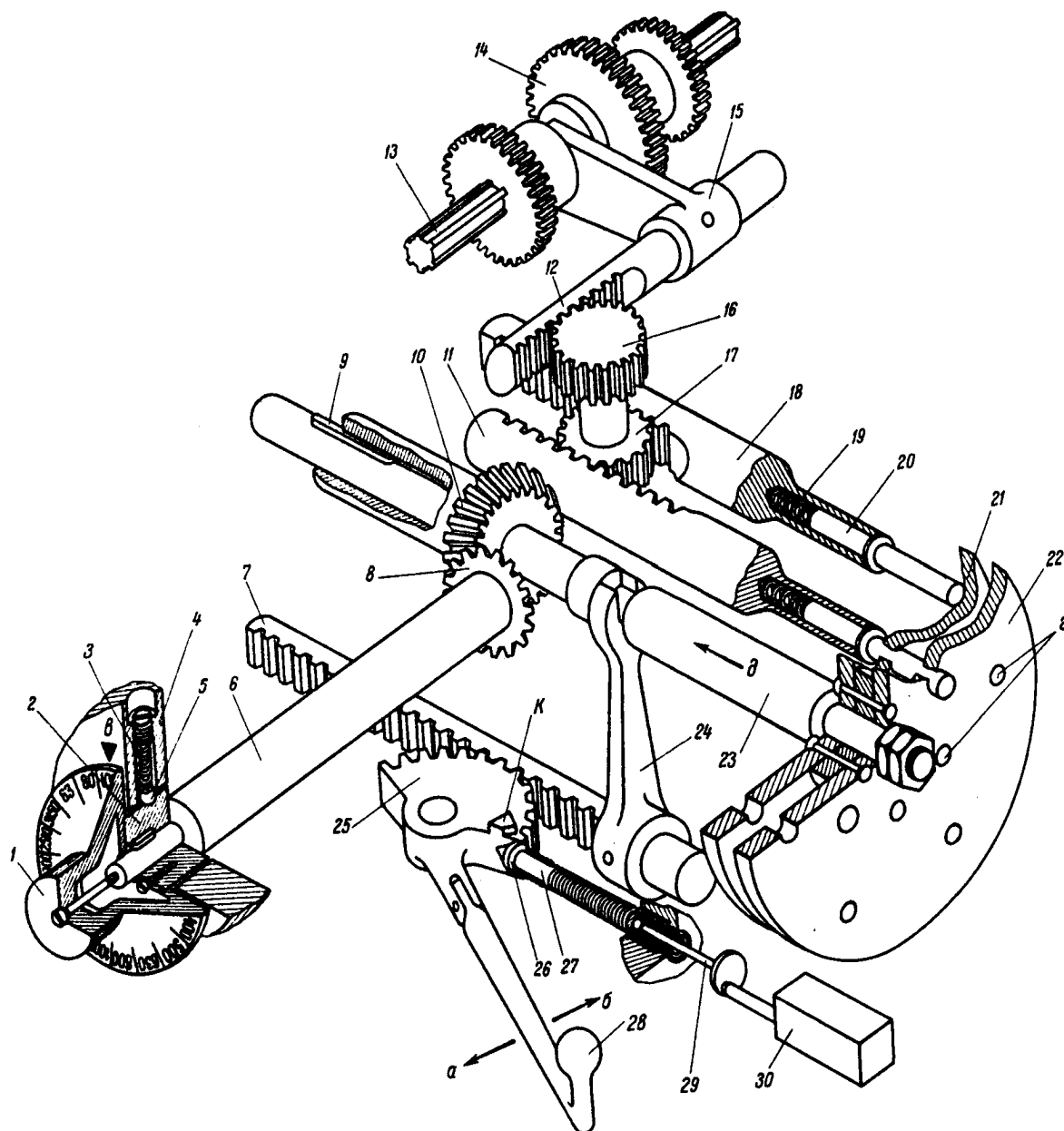


Рисунок 1.2 – Механизм переключения скоростей вертикально-фрезерного станка мод. 6Н12ПБ:

Спецификация: 1 – лимб; 2 – кольцо; 3 – пружина; 4 – корпус; 5 – шарик; 6 – валик; 7, 11, 12, 18 – рейки; 8 – коническая шестерня; 9 – шпонка; 10 – коническое колесо; 13 – шлицевой вал; 14, 16, 17, – шестерни; 19 – пружина; 20 – стержень; 21, 22 – диски; 23 – вал колеса; 24 – рычаг; 25 – сектор; 26 – грибок; 27 – палец; 28 – рукоятка; 29 – толкатель; 30 – кнопка.

Б а з о в а я СБЕ – это СБЕ, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней другие СБЕ и детали. На технологических схемах сборки каждой СБЕ присваивают номер, который соответствует номеру базовой детали по спецификации.

В качестве базовой сборочной единицы при общей сборке консольно-фрезерного станка принимают станину 1 (рис.1.1) в сборе.

При разработке технологического процесса сборки технолог должен выделить из изделия все его составные части, которые можно рассматривать исходя из конструктивных или технологических признаков СБЕ. Если СБЕ спроектирована, исходя из функциональных свойств (двигатель, коробка скоростей, задняя бабка и т.п.), то ее называют *конструктивной* СБЕ. Если СБЕ может быть собрана независимо от других СБЕ изделия, но не может выполнять функции самостоятельно, то ее называют *технологической* СБЕ. В тех случаях, когда *конструктивная* СБЕ может быть собрана независимо от других СБЕ изделия, ее называют *конструктивно-технологической* СБЕ.

Сборка изделия из СБЕ имеет существенные преимущества. СБЕ перед подачей их на общую сборку проходят соответствующий контроль, что устраняет появление дефектов на общей сборке и повышает ее качество.

По ГОСТ 23887-79 установлены такие виды СБЕ, как узел и агрегат.

У з е л – СБЕ, которая может собираться отдельно от других составных частей изделия или изделия в целом и выполнять определенную функцию в изделиях одного назначения только совместно с другими составными частями. Примером узлов могут быть СБЕ, представленные на (рис.1.1).

А г р е г а т – это укрупненный унифицированный узел машины, который отвечает следующим требованиям:

- 1 обладает полной взаимозаменяемостью;
- 2 обладает возможностью сборки отдельно от других составных частей изделия или изделия в целом;
- 3 обладает способностью выполнять определенную функцию в изделии.

К агрегатам можно отнести, например, сверлильные, фрезерные и другие головки, используемые для компоновки агрегатных станков.

М о д у л ь – унифицированный узел, состоящий из взаимозаменяемого комплекса деталей массового производства и выполняющий самостоятельные функции различного рода в технических устройствах.

Применение агрегатно-модульного принципа конструирования изделий позволяет создавать унифицированные наборы изделий, например системы инструментальной оснастки для станков с программным управлением. Ин-

струментальные блоки, собранные из отдельных элементов таких систем, отвечают понятиям агрегат и модуль.

Комплекс – это два и более специфицированных изделий не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но служащие для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. В комплекс входят изделия, выполняющие основные функции, а также детали и СБЕ, предназначенные для выполнения вспомогательных функций. Примерами комплексов могут быть: цех–автомат; завод–автомат; автоматическая линия, гибкий производственный комплекс и т.п.

Комплект – представляет собой два и более изделий, которые не соединены на предприятии-изготовителе посредством сборочных операций. Эти изделия имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплект запасных частей и т.д.

Изделие предприятия – поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого другим предприятием, называют **комплектующим**. Для тепловоза, например, комплектующими изделиями являются компрессоры, тормозная аппаратура, приборы и т.д.

В соответствии с ГОСТ 3.1109-82 установлено такое понятие, как **сборочный комплект** – группа составных частей изделия, которые необходимо подать на рабочее место для сборки изделия или его составных частей.

1.2 Виды соединений

В процессе сборки детали соединяются между собой, образуя соединения.

Соединение деталей – это конструктивное скрепление деталей для образования из них механизмов, агрегатов, приборов и других изделий. Образовавшееся **соединение при сборке** можно рассматривать так же, как сопряжение частей изделия, определяемое заданными в конструкторской документации их относительным положением и видом связи между ними, лишаящим эти части определенного числа степеней свободы.

Вид соединения при сборке – категория, выделяемая по одному из признаков (табл.1.1).

Многообразие видов соединений деталей при сборке характеризуется различными конструктивными, технологическими и экономическими факторами: степенью относительной подвижности или неподвижности, возможно-

стью или невозможностью разборки, технологичностью в сборке и демонтаже, видом контакта сопрягающихся поверхностей детали, прочностью, химической стойкостью, затратами труда и средств на сборку и т.д.

Выбор наиболее экономичного вида соединения – это сфера конструирования машин и механизмов.

Наибольшее применение в современных машинах и механизмах получили разъемные соединения, примеры которых приведены на (рис.1.3, а, б). Их количество составляет от 65 до 85 % всех соединений. К *разъемным* относят те соединения, которые могут быть полностью разобраны без повреждения соединяющих и скрепляющих их деталей.

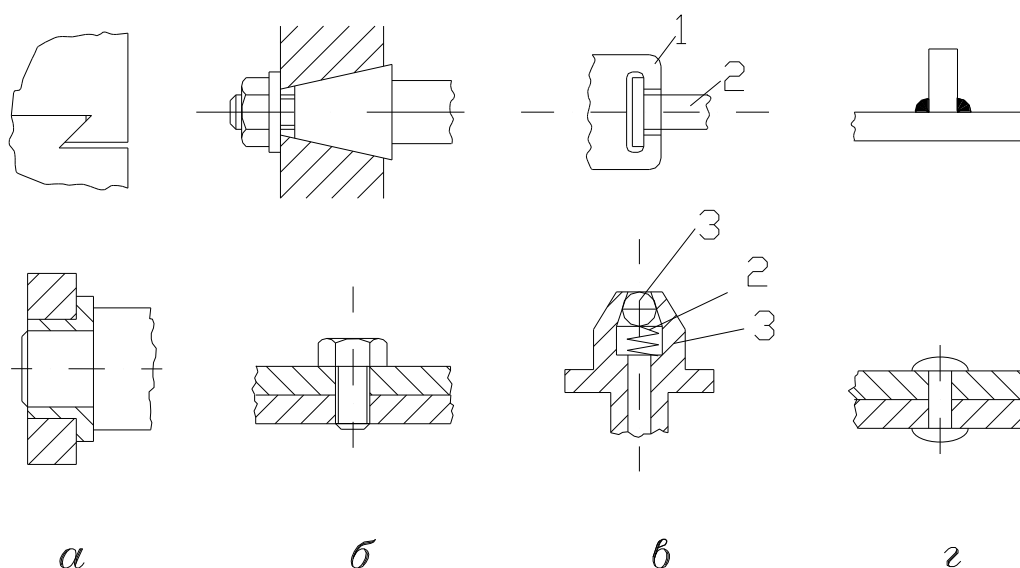


Рисунок 1.3 – Примеры конструкций разъемных и неразъемных соединений:

а – разъемные подвижные; б - разъемные неподвижные; в – неразъемные подвижные; г - неразъемные неподвижные

К *разъемным подвижным* соединениям (см. рис. 3, а) относятся плоские и цилиндрические соединения, которые подвижны в рабочем состоянии. Детали *разъемного неподвижного* соединения (см. рис.1.3, б) в рабочем состоянии перемещаться не могут. Наиболее распространенными разъемными неподвижными соединениями являются резьбовые, шпоночные, конические и др. (16–22, табл.1.1).

Таблица 1.1– Виды соединений

№ п/п.	Наименование соединения	Признак	Объем применения, %
1	Разъемное	Сохранение целостности при разборке	68–85
2	Неразъемное		
3	Подвижное	Возможность относительного перемещения	до 20
4	Неподвижное		до 80
5	Разъемное–подвижное	Разновидности 1÷4 (рис.1.2)	15–20
6	Разъемное–неподвижное		до 40
7	Неразъемное–подвижное		до 7
8	Неразъемное–неподвижное		до 35
9	Плоское	Форма сопрягаемой поверхности детали	15–20
10	Цилиндрическое		до 40
11	Коническое		до 7
12	Сферическое		до 3
13	Винтовое		
14	Профильное		
15	Комбинированное		
16	Резьбовое	Конструкционная разновидность	до 35
17	Клиновое		
18	Шпоночное		
19	Шлицевое		
20	Штифтовое		
21	Шплинтовое		
22	Фланцевое		
23	Байонет		
24	Замковое		
25	Полигонное		
26	Пружинное		
27	Гвоздевое		
28	Контактное		
29	Шарнирное		
30	Механическое (сочлененное)	Метод образования соединения	
31	Фальцованное		
32	Развальцованное		
33	Прессовое		
34	Сварное		
35	Паянное		
36	Клеевое		
37	Термоусаживаемое		
38	С термическим воздействием		
39	Клепанное		
40	Магнитоусаживаемое		
41	Магнитное		
42	Сливное		
43	Комбинированное		

Для выполнения неразъемных подвижных соединений (рис.1.3, в) используют, например, завальцовывание. После вставки конца детали 2 в цилиндрическую выточку детали 1 последней путем завальцовки или обжима придается форма, препятствующая разъединению деталей 1 и 2, но в то же время обеспечивающая относительную подвижность (поворот) соединенных деталей.

Пример неразъемных неподвижных соединений приведен на (рис.1.3, г). К таким соединениям относятся сварные, клепанные, паянные и др. (31–39, табл. 1.1).

Вид соединения зависит от конструкции собираемого изделия или узла и оказывает влияние на процесс сборки. Метод закрепления деталей в значительной степени влияет на физическую природу сил на сопрягаемых поверхностях деталей. По своей физической природе это могут силы: трения, межатомного сцепления, межмолекулярного сцепления и магнитные. В соответствии с этим соединения разделяют на *механические, сварные и паянные, клеевые, магнитные и комбинированные*.

К механическим соединениям относят *резьбовые, клиновые, прессовые* и другие соединения (18–29, табл.1.1.). В механических соединениях на сопрягаемых поверхностях могут возникать силы трения, препятствующие относительному перемещению деталей в СБЕ. Например, в резьбовом соединении силовое замыкание при сборке образуется за счет затяжки резьбы. При этом силы трения на поверхностях деталей, скрепленных резьбой, на головках болтов и на собственно винтовой поверхности внутренней и наружной резьбы образуют неподвижное разъемное соединение. Соединения с натягом, полученные запрессовкой, имеют природу сил трения на сопрягаемых поверхностях, которые препятствуют относительному перемещению деталей под действием внешних сил или крутящих моментов.

В сварных и паяных соединениях между составными частями устанавливаются межатомные связи, которые обуславливают прочность этих соединений.

Клеевые соединения характеризуются тем, что силовое замыкание между составными частями изделия осуществляется силами молекулярного сцепления клеящего материала. Прочность закрепления при этом зависит от сил адгезии и когезии клеящих веществ.

Магнитными силами могут скрепляться детали, изготовленные из ферромагнитных материалов. Магнитный метод крепления деталей применяется наряду с другими методами закрепления деталей, однако доля магнитных сил в общем усилии закрепления может быть значительной. Иногда

магнитный метод применяется с целью временного технологического скрепления деталей, что упрощает технологический процесс сборки и конструкцию оснастки.

Классификация соединений по многим признакам (табл. 1.1) дает возможность отражать особенности и свойства соединений, в том числе, по степени подвижности, возможности демонтажа, что важно для повторных сборок в условиях эксплуатации машин и механизмов.

1.3 Сборка и ее виды

Наиболее системно виды сборки представлены в работе [27] и в стандарте ГОСТ 23887-79.

С б о р к а определяется как процесс образования разъемных или неразъемных соединений составных частей изделия. Сборка является частью производственного процесса и заключается в соединении готовых деталей, узлов и агрегатов в определенной последовательности, в результате чего получают готовую машину или механизм, полностью отвечающие установленным техническим требованиям.

В и д с б о р к и – это категория сборки, выделяющаяся по одному из признаков (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Виды сборки, применяемые при создании машин

№п./п.	Признак	Наименование сборки
1	Объект сборки	Узловая
2		Общая
3	Стадия процесса сборки	Предварительная
4		Промежуточная
5		Сборка под сварку
6		Окончательная
7	Последовательность сборки	Последовательная
8		Параллельная
9		Последовательно–параллельная
10	Схема сборки	Аксиальная
11		Радиальная
12		Смешанная
13	Степень и автоматизация сборки	Ручная
14		Механизированная
15		Автоматизированная
16		Автоматическая
17	Составные части соединяемого изделия	Агрегатно–модульная

Продолжение табл. 1.2		
18	Точность сборки	Ординарная
19		Прецизионная
20	Метод достижения точности замыкающего звена	Сборка с полной взаимозаменяемостью
21		Сборка с неполной взаимозаменяемостью
22		Сборка с групповой взаимозаменяемостью
23		Сборка с пригонкой
24		Сборка с регулированием компенсаторами
25		Сборка с компенсирующими материалами
26	Перемещение собираемого объекта	Подвижная с использованием транспортных средств
27		Подвижная без использования транспортных средств
28		Неподвижная (стационарная)
29	Форма организации производства	Поточная с использованием транспортных средств
30		Поточная без использования транспортных средств
31		Поточная стационарная
32		Групповая поточная с использованием транспортных средств
33		Групповая поточная без использования транспортных средств
34		Групповая непоточная
35		Единичная
36	Метод образования соединений при сборке	Слесарная сборка
37		Единичная
38		Электромонтаж
39		Запрессовка
40		Сварка
41		Пайка
42		Клепка
43		Склеивание
44		Развальцовка
45		Фальцовка

Узловая сборка – сборка, объектом которой является составная часть изделия, т.е. СБЕ, узел, агрегат и т.п.

Общая сборка – сборка, объектом которой является изделие в целом, например, когда из узлов, СБЕ, агрегатов и деталей собирают станки, машины и т.п.

В зависимости от последовательности сборки по ГОСТ 14.320-81 выделяется три вида сборки: последовательная; параллельная и параллельно-последовательная (смешанная).

Последовательная сборка – это сборка изделия или его составных частей, в соответствии с которой предусмотренные сборочные операции выполняются одна за другой.

Параллельная сборка – это сборка изделия или его составных частей, в соответствии с которой сборочные операции выполняются одновременно.

В случае **смешанной сборки** часть сборочных операций выполняется одновременно, а остальные – последовательно.

Необходимые признаки и достаточные условия для определения вида сборки, исходя из последовательности выполнения сборочных работ рассматриваются в разделе. 2.2.6.

Предварительная сборка – это сборка деталей, СБЕ или изделия в целом, которые в последующем подлежат разборке. Такой вид сборки может быть связан с необходимостью выполнения, например, регулировочных работ при достижении точности замыкающего звена сборочной размерной цепи.

Промежуточная сборка – это сборка деталей, выполняемая для дальнейшей их совместной обработки, например, сборка двух частей корпуса редуктора по плоскости разъема для выполнения механической обработки посадочных мест под подшипники и обработки торцевых поверхностей (платиков) корпуса.

Сборка под сварку – это сборка частей сборной конструкции с целью обеспечения точности размеров, выдерживаемых с заданной точностью на операции сварки.

Окончательная сборка – это сборка изделия или его составных частей, после которой не предусмотрена их последующая разборка при изготовлении.

Схема сборки оказывает большое влияние на конструкцию узла и на его технологические и эксплуатационные характеристики.

В узлах с продольной и поперечной осями симметрии возможны три вида сборки: *аксиальная* (осевая), при которой части узла соединяются в осевом направлении; *радиальная*, при которой части узла соединяются в поперечном (радиальном) направлении и *смешанная* (радиально-осевая), при которой часть деталей соединяется в осевом направлении, а остальная часть деталей или составных элементов – в радиальном направлении.

В качестве простого примера на рис. 1.4 изображена сборка шестеренчатого вала в корпусе [21].

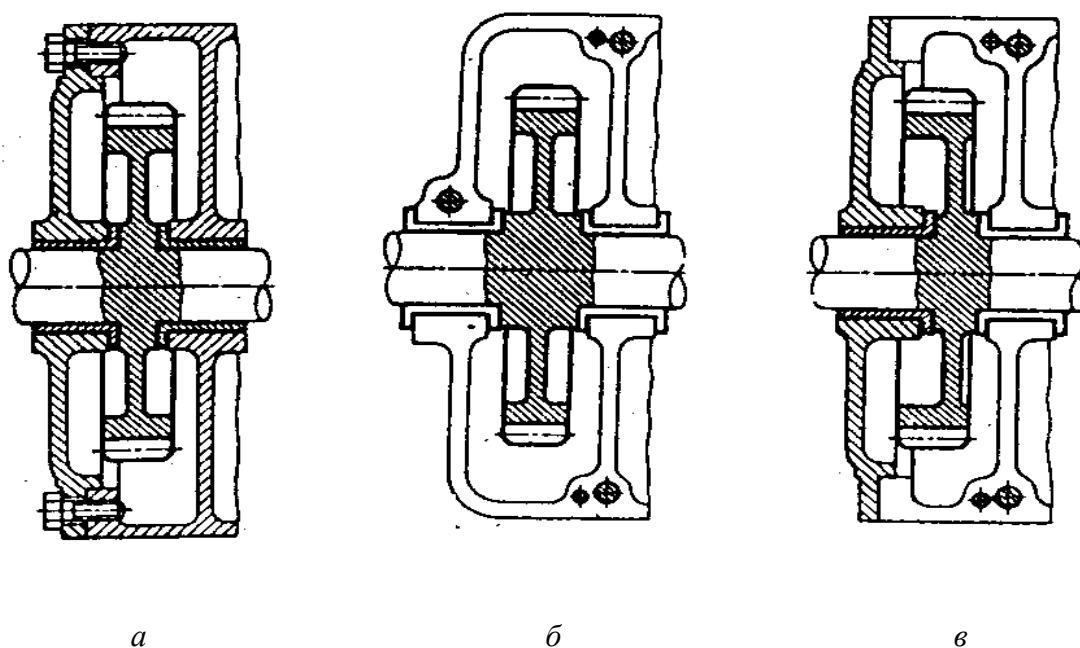


Рисунок 1.4 – Виды сборки составных частей шестеренчатого вала в корпусе: *а* - аксиальная сборка; *б* - радиальная сборка; *в* - смешанная (радиально-аксиальная) сборка

При *аксиальной* сборке плоскости стыка перпендикулярны продольной оси. Все детали узла (рис.1.4, *а, в*) вводят в корпус в осевом направлении, и фиксируют крышкой, центрированной относительно корпуса центральным буртиком.

При *аксиальной* сборке отливка корпуса проста. Механическая обработка удобна. Обрабатываемые поверхности открыты и доступны для подхода режущего инструмента. Конструкция корпуса имеет достаточно высокую жесткость.

Аксиальная сборка усложняется тем, что для осмотра ступеней сборки нужен демонтаж предыдущих деталей. Кроме того, контроль и регулирование осевых зазоров затруднены.

Радиальная сборка устройства (рис.1.4, б) возможна, так как корпус и втулки выполнены разъемными по продольной оси. Вал укладывают в одну из половин корпуса и накрывают другой половиной. Половины корпуса стягивают поперечными болтами, предварительно зафиксировав их относительное взаимное расположение с помощью установочных конических штифтов.

Достоинства и недостатки *радиальной* сборки противоположны конструкции с аксиальной сборкой. *К преимуществам* радиального метода сборки относится открытость частей, хороший доступ к установленным в корпусе деталям, возможность регулирования и контроля осевых зазоров. *К недостаткам этого метода относятся:*

1) более сложная технология изготовления корпуса, состоящего из двух отливок;

2) более сложная механическая обработка составного корпуса: предварительная обработка поверхностей разъема; обработка в сборе отверстий под поперечные крепежные болты и центрирующие штифты; совместная расточка корпуса в сборе; разборка корпуса перед сборкой и подготовка половин корпуса перед сборкой (зачистка кромок, очистка полостей от стружки, смазка поверхностей разъема и т.п.).

На (рис.1.4, в) показана *смешанная* (радиально-аксиальная) сборка. В данном случае корпус разъемный, а крышка цельная с центрирующим цилиндрическим буртиком.

Анализ рассмотренных методов сборки указывает на то, что нельзя просто конструировать. Конструирование изделия должно сопровождаться анализом его собираемости.

В зависимости от степени механизации и автоматизации работ существуют следующие виды сборки: ручная, механизированная, автоматизированная и автоматическая.

Р у ч н а я с б о р к а – сборка изделий или его составных частей, осуществляемая по ручному методу выполнения технологического процесса. Доля ручной сборки достигает 80 % от всего объема сборочных работ. В известной мере это связано с нетехнологичностью конструкций изделий, недостаточным масштабом выпуска (серийность) многих изделий, а также нестабильностью качества поступающих на сборку деталей и узлов, что вызывает

необходимость в процессе сборки выполнять пригоночные работы, регулировку, дополнительные контрольные операции и т.п.

Механизированная сборка – сборка изделий или его составных частей, осуществляемая по механизированному методу выполнения технологического процесса. Механизация является первым шагом и необходимой ступенью автоматизации процесса сборки. Механизированная сборка предусматривает создание средств механизации сборки, применение транспортных систем непрерывного или периодического действия и др.

Автоматизированная сборка – сборка изделий и его составных частей по автоматизированному методу выполнения технологического процесса. Доля автоматизации сборочных работ даже на заводах крупносерийного и массового производства составляет не более 5%. Автоматизированная сборка эффективна лишь при выпуске, позволяющем полностью загрузить автоматическое оборудование. В настоящее время разработаны научные основы автоматизации сборочных работ, однако применение средств автоматизации сборки должно быть экономически обоснованным в условиях заданного объема выпуска и конкретного сборочного производства.

Автоматическая сборка – сборка изделия или его составных частей, осуществляемая по автоматическому методу выполнения технологического процесса.

Агрегатно-модульная сборка – сборка изделия или его составных частей из агрегатов или модулей.

Прецизионная сборка – сборка изделия или его составных частей, имеющих соединения, у которых допуск на сопрягаемый размер меньше допуска, установленного в принятой системе допусков и посадок для сопрягаемых деталей. Например, фирмы создали инструментальные системы, у которых вспомогательные инструменты имеют точность линейных размеров сопрягаемых поверхностей $H4/h4$ и точность угловых размеров – $AT4$ и $AT5$. Такая точность дает возможность собирать инструментальные блоки и устанавливать их на станках с программным управлением с точностью расположения режущих кромок до 2–3 мкм по координатам x и y и до 4–6 мкм по координате z . Таким образом, прецизионная сборка предусматривает применение деталей, изготовленных с прецизионной точностью.

Виды сборки в зависимости от перемещения собираемого объекта и формы организации производства рассматриваются в разд. 2.2.3 и 2.2.4.

Слесарная сборка – сборка изделия или составных частей при помощи слесарно-сборочных операций (табл.1, Приложение А).

Электромонтаж – это монтаж электроизделия или его составных частей, имеющих токоведущие элементы.

Монтаж – установка изделия или его составных частей на месте использования. Например, монтаж транспортных установок в местах для транспортировки угля при его добыче.

Сварка – процесс (ГОСТ 2601-74) получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или объемном нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого.

Пайка – образование (ГОСТ 17325-79) соединения с межатомными связями путем нагрева соединяемых материалов ниже температуры их плавления, смачивания их припоем, затекания припоя в зазор и последующей его кристаллизации.

Клепка – образование (ГОСТ 3.1109-82) неразъемных соединений при помощи заклепок.

Склеивание – образование (ГОСТ 3.110982) неразъемных соединений с помощью клея.

1.4 Технологический процесс сборки и его составные части

Технологическим процессом называют часть производственного процесса, содержащую действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Основная задача технолога-машиностроителя заключается в построении высокопроизводительных технологических процессов изготовления, в т. ч. сборки изделий.

Технологический процесс сборки (ТПС) – совокупность действий, связанных с соединением в определенной технической и экономической целесообразной последовательности деталей в узлы и агрегаты, а последних – в готовое изделие (машину, механизм, прибор), полностью отвечающих требованиям чертежа и техническим требованиям. ТПС связан с образованием разъемных и неразъемных соединений составных частей изделия. Для его выполнения также необходимо произвести вспомогательные действия, связанные с процессом соединения составных частей изделия.

Различают три типа технологических процессов (ГОСТ 3.1109-82): единичный, типовой и групповой.

Единичный технологический процесс – технологический процесс изготовления или ремонта изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс – процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс – технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Технологический режим – совокупность значений параметров технологического процесса в определенном интервале времени. Например, температура нагрева или охлаждения, время выдержки и т.д.

ТПС сборки расчленяют на операции, как законченные части технологического процесса. **Сборочная операция** – это технологическая операция установки и образования составных частей изделия, которая является законченной частью ТПС, осуществляемого над одной СБЕ, на одном рабочем месте, одним или несколькими рабочими. Операция сборки охватывает все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими собираемыми объектами производства. Установление вида и содержания сборочных операций, последовательности их выполнения входит в задачу технолога-сборщика.

Наименование слесарных, слесарно-сборочных и сборочно-сварочных операций согласно ГОСТ 3.1703-79 в технологических документах записывают именем существительным, отражающим вид процесса. Например, “Сборка”, “Прихватка”, “Свинчивание”, “Сварка”, “Балансировка”, “Правка”, “Разметка”, “Склеивание”. Виды слесарных и сборочных операций, их коды и ключевые слова даны в (табл.1, Приложение А). Наименование контрольных операций и их коды приводятся в (табл.2, Приложение А). Допускается также полная запись наименования операции с указанием сведений об изделии, характере процесса и т.п., например “Сборка вала червячного колеса”, “Дуговая сварка с программным управлением”, “Установка крышек редуктора”.

Операция является частью ТПС. Установление содержания и последовательности выполнения операций входит в задачу разработки ТПС. По сборочным операциям определяют трудоемкость процесса сборки, требующееся

число слесарей-сборщиков и материально-техническое обеспечение ТПС (сборочное оборудование, оснастка, инструмент).

В соответствии с “Классификатором технологических операций в машиностроении и приборостроении“, технологический процесс сборки изделий состоит в, основном, из таких операций, как (табл. 1, Приложение А):

слесарные;
сборочные;
контрольные.

Технологические операции сборки включают в себя отдельные элементы: технологические и вспомогательные переходы, рабочие и вспомогательные ходы, приемы, а также позиции и установовы.

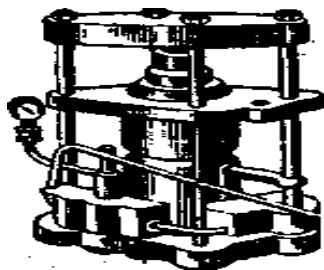
Технологический переход – законченная часть операции сборки, которая характеризуется постоянством применяемого инструмента и поверхностей, соединяемых при сборке, при неизменном режиме. Переходы нумеруют арабскими цифрами в технологической последовательности в пределах каждой операции. Описание содержания перехода в технологических документах должно быть кратким и вместе с тем исчерпывающим по точности формулировок, например слесарной операции по разборке составного редуктора) (см. рис 2.6, а):

- 1 Установить корпус в сборе (поз.1, 2) на стеллаж;
- 2 Отвернуть болты (поз.30) (гайки 31), соединяющие нижний корпус поз.1 с верхним корпусом (поз.2) и уложить на стеллаж;
- 3 Выпрессовать штифты специальные (поз.25) из корпуса редуктора (поз.1, 2);
- 4 Снять верхнюю половину корпуса (поз.2) и установить рядом на стеллаж и замаркировать;
- 5 Обдуть половины корпуса (поз.1, 2) сжатым воздухом, очистив их полости от стружки;
- 6 Зачистить углы на кромках половинок корпуса (поз.1, 2), по радиусам и боковым плоскостям.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий слесаря-сборщика и оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и качества поверхности, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Запрессовывание деталей на вал или в отверстие на прессе

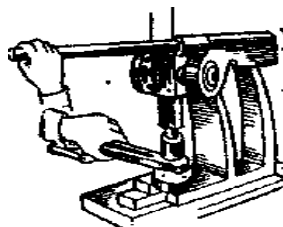
Пресс гидравлический



a

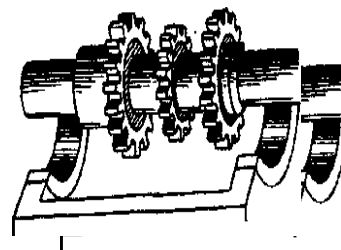
- 1 Взять деталь и установить;
- 2 Включить пресс и запрессовать;
- 3 Выключить пресс, отложить деталь.

Пресс механический



- 1 Взять деталь и установить;
- 2 Запрессовать;
- 3 Отложить деталь.

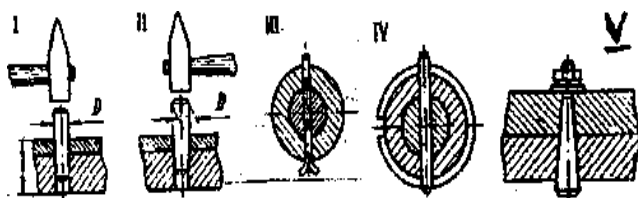
Установка валов в сборе в открытые гнезда подшипников



г

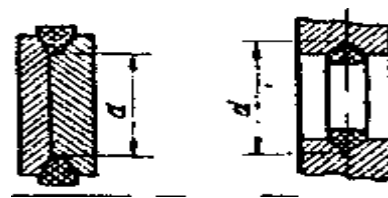
- 1 Взять вал в сборе;
- 2 Установить вал в гнезда подшипников.

Напрессовывание штифтов вручную



б

- 1 Взять штифт и молоток ;
- 2 Вставить штифт в отверстие и запрессовать;
- 3 Развести концы штифта отложить молоток
- 5 Взять стопорное кольцо и круглогубцы или шайбу, гайку и ключ
- 6 Установить стопорное кольцо в выточку штифта
- 7 Установить шайбу, навернуть гайку гаечным ключом
- 8 Отложить круглогубцы или ключ



д

- 1 Взять кольцо (диск), установить на плоскость или в выточку;
- 2 Взять кольцо и запрессовать в отверстие, в выточку
- 3 Взять сальник, установить в отверстие, выточку, паз или гнездо с помощью инструмента, обжать по всему диаметру для плотного прилегания

Установка шпонок в паз вала

- 1 Взять напильник и шпонку
- 2 Установить тисках и закрепить шпонку в тисках;
3. Зачистить углы на концах шпонки, по радиусам и боковым плоскостям
- 4 Отложить напильник
- 5 Открепить и снять шпонку;
- 6 Взять специальный молоток;
- 7 Установить шпонку в паз вала;
- 8 Посадить шпонку до упора;
- 9 Отложить молоток

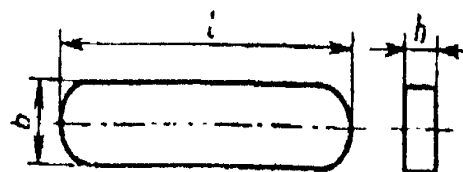


Рисунок 1.5 – Примеры технологических переходов при сборке изделий:

a – запрессовывание деталей на вал или в отверстие корпуса ; *б* – запрессовать штифт вручную; *в* – установить шпонку в паз вала; *г* - установить вал в сборе в открытые гнезда подшипников; *д* – установить; уплотнительное кольцо (диск, сальник).

Переходы могут выполняться, как и операции, последовательно, параллельно и параллельно - последовательно. Простейшие операции сборки могут состоять из одного перехода; более сложные – из нескольких десятков переходов.

Прием сборочного процесса – это отдельное законченное действие слесаря – сборщика в процессе сборки или подготовке к сборке узла или изделия. Прием выполняют при реализации перехода или его частей.

На (рис.1.5) даны примеры технологических переходов и приемов, связанных с выполнением этих переходов. Арабскими цифрами пронумерованы приемы, выполняемые на каждом технологическом переходе.

У с т а н о в – часть технологической операции сборки, выполняемой при неизменном закреплении собираемого изделия.

При изменении положения изделия в процессе выполнения операции сборки последняя может включать несколько позиций или состоять из нескольких установов.

П о з и ц и я – часть операции, выполняемая при неизменном положении сборочного приспособления. В позиции изделие прочно закрепляется относительно неподвижной части оборудования для выполнения определенной сборочной работы. Если положение изделия относительно оборудования меняется, то изделие в этом случае занимает различные позиции.

Р а б о ч и й х о д – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно собираемого изделия, непосредственно связанного с выполнением установленного задания.

В с п о м о г а т е л ь н ы й х о д состоит из однократного перемещения сборочного инструмента относительно изделия, не сопровождаемого перечисленными изменениями, но необходимого для выполнения рабочего хода.

1.5 Виды сборочных работ

Виды и содержание сборочных работ устанавливаются на стадии подготовки производства в зависимости от конструкции изделия, видов соединений (табл.1.1), входящих в изделие, и от серийности выпуска.

Большое влияние на виды работ в процессе сборки оказывают методы сборки, заложенные в конструкции изделия. Известные виды сборочных работ можно условно разбить на три группы:

- 1 вспомогательные работы (табл.3, приложение А);
- 2 слесарные работы (табл.4, приложение А);
- 3 слесарно–сборочные работы (табл.5, приложение А).

Вспомогательные работы неизбежны в сборочном производстве. Они связаны с подготовкой деталей и покупных изделий в состояние, требуемое условиями сборки. К таким работам относятся комплектация, расконсервация, промывка, сортировка, укладка и т.п. (табл.3, приложение А).

Очистка и мойка позволяют убрать с поверхностей деталей металлическую стружку, пыль, абразивный порошок и другие загрязнения которые могут явиться причиной преждевременного выхода из строя изделия во время его эксплуатации. Мойка может быть осуществлена механическим путем, химическим, электромеханическим или ультразвуковым способами. Чтобы исключить попадание пыли и обрутки из пор при эксплуатации рекомендуется выполнять покраску внутренних полостей литых корпусов.

Важную роль в обеспечении соответствия состояния сопрягаемых поверхностей техническим требованиям играет обдув их сжатым воздухом. Обдув целесообразно проводить перед каждой операцией. Особенно тщательно следует продувать полости корпусов, отверстия, пазы, канавки, где чаще всего задерживается мелкая стружка, пыль и грязь.

Слесарные работы можно сгруппировать по однородности решаемых технологических задач:

- *слесарно-доделочные* (зачистка заусенцев, опилование, сверление или развертывание отверстий, нарезание резьбы и т.п.);
- *пригоночно-доводочные* работы (пригонка поверхностей, доводка, шабрение и другие пригоночно-доводочные работы, предусмотренные ТУ на сборку);
- *слесарно-вспомогательные* работы (изготовление прокладок, шайб, пружин, скоб, резка и гибка труб);
- *балансировка* деталей и СБЕ;
- *обкатка и испытание СБЕ и изделий* (гидроиспытания, проверка плавности хода, пятна контакта зубьев, работоспособности и т.д.)

Слесарно-сборочные работы можно условно разбить на три группы:

- *собственно сборочные* работы (установка, свинчивание, напрессовывание, стопорение, клепка и т.д.);
- *регулирующие* работы, выполняемые для достижения требуемой точности замыкающих звеньев сборочных размерных цепей (регулирование осевого зазора в подшипниках качения, регулирование зацеплений в зубчатых и червячных передачах, регулирование плавности вращения изделий при сборке и т.п.);
- *контрольные* работы, выполняемые в процессе сборки и после ее окончания для установления соответствия параметров сборки значениям, оговоренным в ТУ на сборку.

В некоторых источниках контрольные работы выделяют в подготовительно–заключительные операции процесса сборки. Наименование контрольных операций и их коды приведены в (табл.2, приложение А). В эту же группу относят также операции по промежуточной сборке деталей для их совместной обработки, определения размера компенсатора.

Под обкаткой понимают приработку пар трения, выявление дефектов в процессе работы механизмов изделия в соответствующих режимах, выполняемых при сборке с целью обеспечения технических требований.

Испытания, которые могут быть совмещены с обкаткой, предназначены для проверки соблюдения этих требований.

Выше перечисленным основные виды работ, которые сопутствуют сборке изделий. Однако их удельный вес в общем, объеме процесса сборки зависит от типа производства и метода достижения точности при сборке.

В условиях единичного и мелкосерийного производства приходится выполнять различного рода пригоночные и слесарно–доделочные работы, объемы которых достигают 30–50 % трудоемкости собственно сборочных работ.

В крупносерийном и массовом производстве применяются методы полной или частичной взаимозаменяемости, а объем пригоночных работ уменьшается до нуля, в то время как трудоемкость собственно сборочных работ достигает 70–75 % .

Контрольные вопросы

- 1 Что считается изделием в машиностроении?
- 2 Раскройте содержание следующих видов изделий: деталь; сборочная единица; узел; агрегат; модуль; комплект; комплекс.
- 3 Какое назначение базовой детали и базовой сборочной единицы?
- 4 Какие сборочные единицы принимают за базовые?
- 5 По какому признаку различают сборочные единицы разных порядков: первого; второго; третьего т.д., высшего?
- 6 В чем особенности технологических, конструктивных и конструктивно-технологических сборочных единиц?
- 7 По каким признакам классифицируют виды соединений?
- 8 «Соединение деталей» и «вид соединения» – в чем их содержание?
- 9 Приведите примеры соединений по конструктивным разновидностям по методам их образования и по сохранению целостности при сборке.
- 10 Какие виды соединений получили наибольшее распространение при создании машин и механизмов?
- 11 Дайте примеры соединений с различной природой сил между составными частями:
 - 11.1 Силы трения;
 - 11.2 Молекулярные силы;
 - 11.3 Межатомные силы;
 - 11.4 Магнитные силы.
- 12 Что понимают под «сборкой машин» и «видом сборки»?
- 13 По каким признакам классифицируют виды сборки?
- 14 Содержание видов сборки: узловая; общая; последовательная; параллельная; промежуточная; предварительная; аксиальная; радиальная и другие в соответствии с классификацией.
- 15 Что такое технологический процесс сборки?
- 16 Что характерно для единичного, типового и группового технологических процессов сборки?
- 17 Из каких частей состоит технологический процесс сборки?
- 18 Раскройте содержание таких понятий как операция, технологический переход и др. при сборке.
- 19 Какие виды сборочных работ относятся к следующим группам:
 - 19.1 вспомогательные;
 - 19.2 слесарные;
 - 19.3 слесарно-сборочные; и их назначение?

2 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ТПС

2.1 Основные требования к разработке ТПС

От совершенства ТПС зависит содержание работы сборщиков, состав оборудования, оснастки и инструмента, квалификация сборщиков и их количество, эффективность работы всего предприятия и себестоимость продукции. Разработка ТПС – это сложная и трудоемкая задача. Ее решение предполагает наличие у разработчиков глубоких теоретических знаний и положений в области машиностроения, большого практического опыта.

При проектировании сборочных процессов необходимо учитывать ряд требований, обусловленных конструкцией изделия, технологическими особенностями производства и его организацией. Основные требования к разрабатываемому ТПС можно свести к следующим:

1 ТПС должен быть прогрессивным, обеспечивать высокую производительность труда и требуемое качество изделия, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшение вредных воздействий на окружающую среду;

2 ТПС должен обеспечивать реализацию значений базовых показателей технологичности конструкции изготавливаемого и ремонтируемого изделия;

3 Технологическая точность в разрабатываемом ТПС должна гарантировать запроектированную точность основных параметров изделия;

4 В ТПС должна быть максимально обеспечена параллельность процессов сборки в соответствии с установленным типом производства;

5 ТПС должен быть построен так, чтобы собираемый объект сборки проходил кратчайший путь при выполнении всех необходимых сборочных операций, т.е. должна быть обеспечена прямопоточность процесса сборки;

6 В ТПС должна быть обеспечена непрерывность и ритмичность процесса сборки;

7 Разрабатываемый ТПС должен быть устойчивым и надежным. Устойчивость ТПС характеризуется способностью (или свойством) процесса сохранять во времени точность признаков качества изделия, производительность сборки.

2.2 Последовательность разработки ТПС

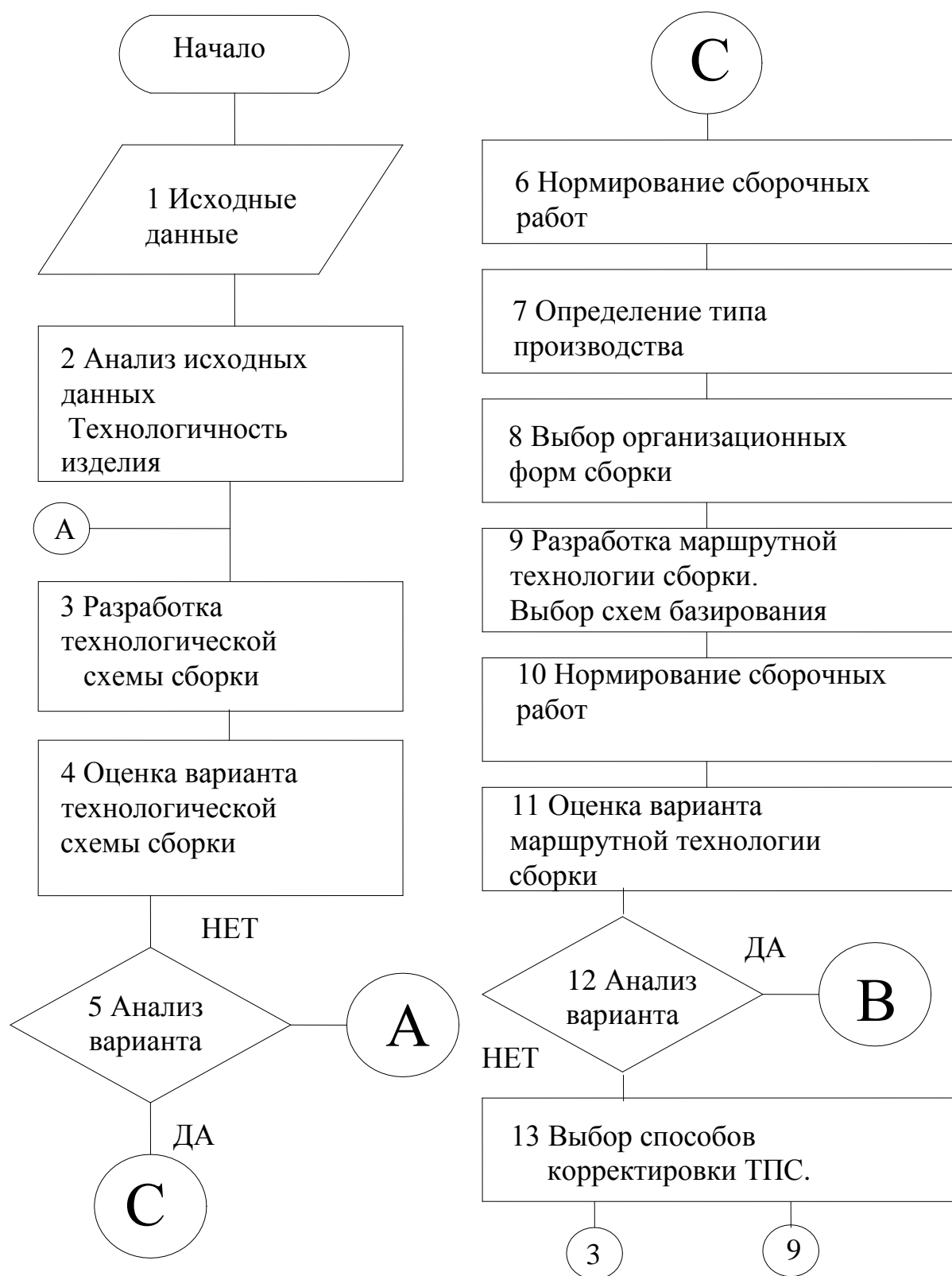
ТПС разрабатывают до разработки технологического процесса изготовления деталей. Это дает возможность при необходимости внести изменения в конструкцию объекта сборки и его составных частей.

Этапы разработки ТПС – это то, что нужно сделать при проектировании ТПС. Этап сборки – это законченная часть ТПС или его составной части,

выделяемая в соответствии со схемой сборки. Проектирование ТПС может быть выполнено в такой последовательности:

- 1 Подготовка исходных данных;
- 2 Определение типа производства;
- 3 Выбор организационных форм сборки;
- 4 Технологическая проработка чертежей изделия и его составных частей;
- 5 Выбор метода сборки и размерный анализ конструкции собираемого изделия;
- 6 Деление изделия на СБЕ;
- 7 Установление целесообразной степени дифференциации и концентрации сборки;
- 8 Разработка маршрута сборки;
- 9 Разработка технологических схем общей и узловой сборки;
- 10 Проектирование отдельных операций;
- 10.1 Выбор технологических способов получения соединений деталей и сборочных единиц;
- 10.2 Выбор требуемого оборудования, приспособлений и инструмента и заполнение ведомости (форма 3, ГОСТ 3.1122-84) на технологическую оснастку;
- 10.3 Разработка задания на проектирование специальных инструментов и приспособлений;
- 10.4 Составление ведомости специального нормализованного инструмента;
- 10.5. Выбор схем базирования;
- 10.6. Выбор режимов сборки;
- 10.7 Установление методов технологического контроля сборки и испытания с заполнением ведомости (форма 2, ГОСТ 3.1502-85) на технологический контроль;
- 10.8 Определение технической нормы времени;
- 10.9 Установление классификации рабочих (разрядности);
- 11 Составление комплекточной ведомости на узлы и изделие в целом;
- 12 Подготовка технологических документов;
- 13 Разработка графика узловой и общей сборки изделия;
- 14 Расчет экономических показателей ТПС.

При проектировании ТПС с применением ЭВМ, когда на каждом этапе прорабатываются варианты технологических решений и дается их количественная оценка, последовательность проектирования сборочного процесса можно представить в виде схемы алгоритма [10] (рис. 2.1.)



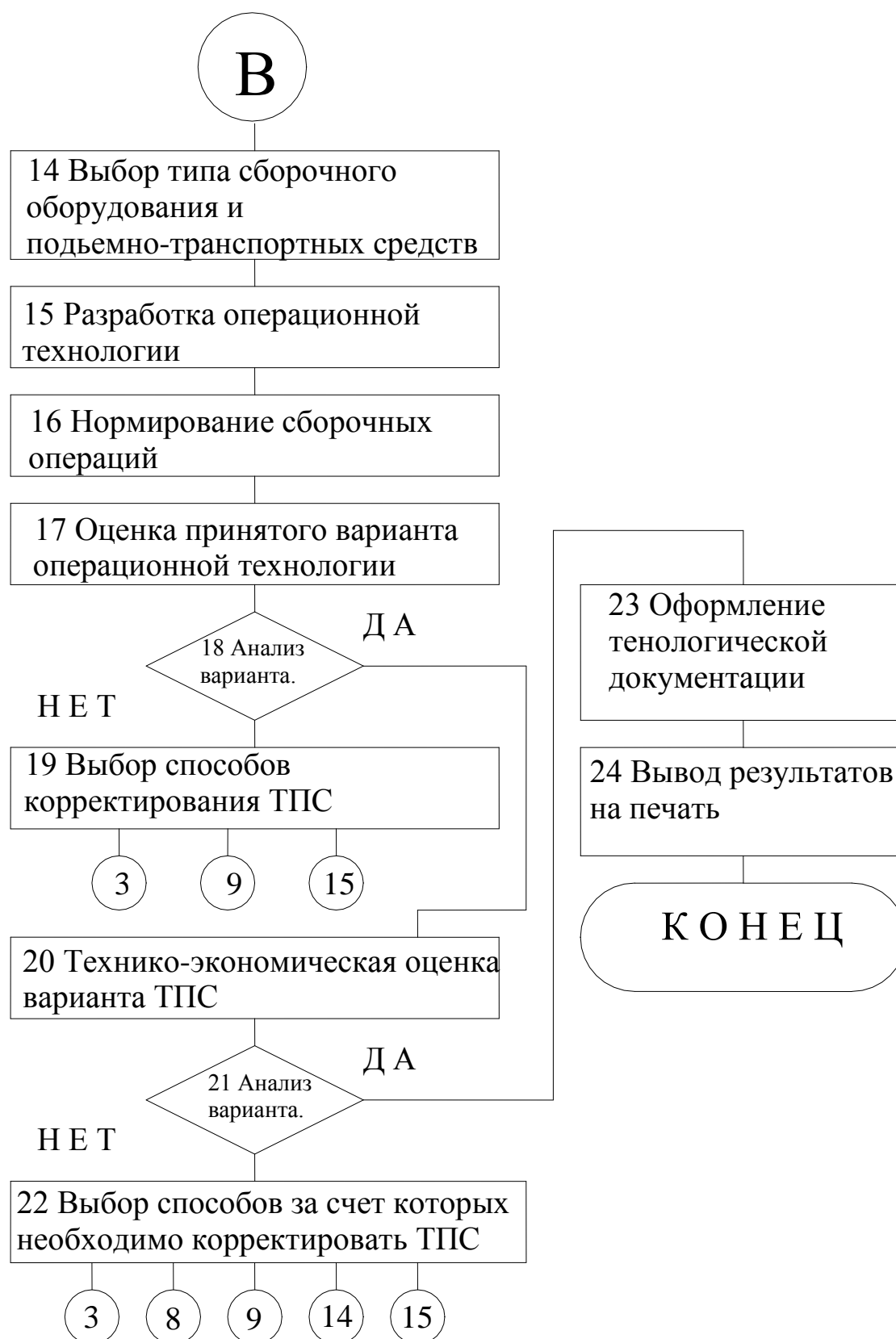


Рисунок 2.1 – Этапы разработки ТПС и их содержание

2.3 Этапы разработки ТПС

2.3.1 Исходные данные

Исходную информацию для разработки ТПС подразделяют на базовую, руководящую и справочную.

Б а з о в а я информация включает программу (объем) выпуска и данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие:

- сборочные чертежи изделия и его составных частей: на чертежах должны быть необходимые проекции и размеры, выдерживаемые при сборке, зазоры или натяги в соединениях, масса деталей и изделия в целом;
- спецификации деталей и СБЕ, входящих в изделие;
- рабочие чертежи деталей, входящих в СБЕ;
- технические условия на изготовление, контроль, испытание и эксплуатацию изделия.

О б ъ е м в ы п у с к а – это количество одинаковых изделий, планируемых к выпуску в течение определенного периода (обычно года). Если выпуск во времени распределяется неравномерно, то программное задание указывается по годам, кварталам, месяцам.

Р у к о в о д я щ а я информация включает данные, содержащиеся в следующих документах:

- отраслевых стандартах, устанавливающих требования к технологическим процессам и методам управления ими;
- документации на действующие единичные, типовые и групповые ТПС;
- нормативах по техническому нормированию;
- тарифно-классификационных справочниках;
- документации по технике безопасности и промышленной санитарии.

С п р а в о ч н а я информация включает данные, содержащиеся в следующих документах:

- технологической документации опытного производства;
- описаниях прогрессивных методов сборки и ремонта;
- каталогах, паспортах, справочниках, альбомах прогрессивных средств технологического оснащения, в том числе, в альбомах и картах по сбороч-

ному оборудованию и технологической оснастке, применяемой на действующем предприятии;

- производственных участков и загрузке производственных площадей;
- результатах НИР.

Проектирование ТПС упрощается при наличии образца собираемого изделия (серийное и массовое производство). Наличие образца собираемого изделия ускоряет не только изучение конструкции, но и разработку ТПС.

2.3.2 Технологическая проработка чертежей

Данный этап предусматривает проработку таких вопросов:

- подробное изучение чертежей;
- анализ соответствия технологичности конструкции рассматриваемого объекта сборки и его составных частей общим требованиям к технологичности сборочной единицы и изделия в целом [1, с.281, 282] и 10, с.27–34, 54–58] или [15, с.400–432], или [28, с.29–33] или [31, с.283–306].

Решение первого вопроса сводится к анализу сборочных чертежей, выявлению наличия всех необходимых размеров и сечений, номеров позиций и спецификаций деталей и узлов, размеров, выдерживаемых при сборке, посадок на сопрягаемых поверхностях соединений, масс деталей, СБЕ и изделия в целом.

В технологической документации на изделие необходимо выделить точностные характеристики объекта сборки, числовые значения этих характеристик, а также методы их достижения, способы и средства контроля в процессе и после сборки. Например, при анализе чертежей редуктора выявляют точность передачи (цилиндрической, конической, червячной), уточняют комплексы для их контроля и числовые отклонения контролируемых размеров, входящих в комплексы. Валы редуктора установлены на опорах, а точность передачи зависит от радиального и осевого зазора в подшипниках. При анализе чертежей необходимо уточнить номера и классы точности подшипников, определить числовые значения осевых зазоров, которые являются замыкающими звеньями сборочных размерных цепей.

Анализ методов компенсации погрешностей и способов настройки и регулирования точности замыкающих звеньев, заложенных в конструкцию и

их количественную оценку целесообразно выполнить в разделе курсового проекта "Размерный анализ".

Решение второго вопроса – анализ технологичности конструкции объекта сборки – сводится к улучшению технологичности конструкции, составлению предложений по изменениям в конструкции, упрощающих сборку изделия.

При проектировании ТПС технолог работает с рабочей конструкторской документацией. На предшествующих этапах ее разработки (техническое предложение, эскизный проект, технический проект) конструкция должна быть уже в основном отработана на технологичность. Вместе с тем по ГОСТ 14.201-83 в рабочем конструкторском документе уточняются, а при необходимости, вносятся изменения в процессе изготовления опытного образца изделия.

При проектировании ТПС конструкцию изделия рассматривают с точки зрения:

- анализа возможности сборки изделия и его составных частей без промежуточной сборки;
- уточнения рациональных способов фиксирования, центрирования и регулирования составных частей изделия;
- выявления возможности унификации деталей (включая детали крепежа) и их конструктивных элементов;
- поэлементной отработки конструкции детали и СБЕ на технологичность.

При этом производится технологический контроль конструкторской документации, а при наличии соответствующих исходных данных выполняется расчет показателей технологичности конструкции [30, с.65–74].

Содержание понятия "технологичность конструкции" по ГОСТ 14.202-73 определяется признаками, характеризующими область ее проявления:

- производственную;
- эксплуатационную.

Производственная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат, средств и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства, а также на изготовление, контроль и испытание.

Эксплуатационная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание и ремонт изделия.

Согласно ГОСТ 18831-73, технологичность конструкции изделия есть совокупность свойств конструкции изделия, обеспечивающих возможность оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при производстве, эксплуатации и ремонте изделия с учетом заданных эксплуатационных показателей качества, условий изготовления и эксплуатации.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть качественной и количественной.

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта технолога. Она предшествует количественной и определяет ее целесообразность.

Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности изделия.

Требования к технологичности конструкции сборочной единицы приведены в работах [30, с.56–133, 279–307], [1, с.281, 302], [31, 26–27; ГОСТ 14.203-73].

При отработке конструкции изделия на технологичность с позиции рациональной сборки можно рассматривать следующие вопросы:

- обеспечение возможности параллельности и независимой сборки узлов изделия;
- сокращение числа деталей в СБЕ;
- обеспечение возможности беспригоночной сборки и экономически целесообразного уровня взаимозаменяемости;
- обеспечение возможности максимальной механизации и автоматизации сборочных работ;
- обеспечение удобства сборки.

Качественная оценка структуры изделия и технологических схем сборки может быть дана по методике, изложенной в работе [10, с.54-59].

Зарубежные фирмы [26] при проектировании изделий и процессов сборки применяют методику системного анализа конструкции и сборки изделия. Например, фирма Boothroyd–Dewhursts Inc. (BDI) подготовила методику под названием Design for Manufacture and assembly (DFMA) – рацию-

нальное проектирование производства и сборки изделия – конструкторско-технологический пакет программ на базе ЭВМ.

При системном анализе сборочных процессов изделий в автоматизированном сборочном производстве учитываются габаритные размеры деталей, трудоемкость их схвата манипулятором, видимость мест присоединения, возможность самоустановки деталей, сопротивляемость при сборке и др. Система DFMA позволяет анализировать изделие в сборе по подвижности деталей в соединениях, расположению их при сборке, по выбору закрепляющих операций при сборке и на основе анализа составлять возможные предложения по конструктивным изменениям в изделии, упрощающим сборку.

2.3.3 Типы сборочного производства и их виды

В зависимости от широты номенклатуры, объема выпуска, трудоемкости, серийности и коэффициента закрепления операций различают виды производства: единичное; серийное (мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное); массовое.

Тип производства определяет степень технического оснащения, механизации, автоматизации и специализации всего производства, оказывает решающее влияние на организацию сборочных работ и принципы разработки технологических процессов.

В единичном производстве изделия изготавливают единичными экземплярами без повторяемости. Этот вид производства является очень гибким, но имеет низкий уровень механизации сборочных работ. Характерными признаками производства являются:

- 1) Объект сборки – один;
- 2) Форма организации сборки – стационарная непоточная без расчленения процесса (см. рис.2.2);
- 3) Большая номенклатура одновременно изготавливаемых изделий и частая смена объектов сборки;
- 4) Коэффициент закрепления операций составляет более 40;
- 5) Все работы выполняются одним рабочим или одной бригадой высококвалифицированных слесарей-сборщиков;
- 6) Работы по видам заранее между рабочими не распределены;

7) Изделие собирается только на общей сборке на сборочном стенде, столе, верстаке или на полу цеха. Изделие собирается на одном рабочем месте от начала до конца;

8) На сборку поступают детали и комплектующие узлы (СБЕ);

9) Метод сборки - подгонка.

В с е р и й н о м производстве изделия собирают сериями, состоящими из одинаковых по размерам изделий, запускаемых в производство одновременно. Основным принципом этого вида производства является сборка всей серии изделий целиком. В зависимости от количества изделий в серии, их характера и трудоемкости, частоты повторяемости серий в течение года различают производство мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное (табл.6, приложение А).

М е л к о с е р и й н о е производство имеет место в тяжелом и транспортном машиностроении, в станкостроении, в химическом и нефтяном машиностроении, в легкой и пищевой промышленности и др. Несмотря на большое разнообразие изделий, изготавливаемых в условиях мелкосерийного производства, различное их служебное назначение, разнообразные требования к точности сборки, производство изделий имеет общие характерные признаки:

1 Изделия выпускаются мелкими сериями (табл.6, приложение А), систематически неповторяющимися.

2 ТПС имеет следующие формы организации:

2.1 Стационарная непоточная с дифференциацией сборочных работ (см. рис.2.2);

2.2 Стационарная поточная при сборке изделий большого веса, размеров, нетранспортабельных или требующих для перемещения сложных транспортных устройств (см. рис.2.3);

2.3 Групповая поточная при сборке унифицированных сборочных единиц и изделий, имеющих конструктивно-технологическое подобие;

3 Коэффициент закрепления операции свыше 20 до 40;

4 Метод сборки: подгонка или регулировка компенсаторами;

5 ТПС единичного (стационарная сборка) или комплексного изделия (групповая сборка) расчленяется на комплексы сборочных работ;

6 При стационарной сборке разрабатывается единичный ТПС, а при групповой – групповой ТПС;

7 Рабочие в бригадах специализируются на закрепленных работах;

8 Объектами сборки являются: мелкие серии единичных или крупногабаритных изделий (стационарная сборка); мелкие серии унифицированных изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками (групповая сборка);

9 Место сборки: рабочий пост – сборочный стенд, стол, верстак, пол цеха (стационарная непоточная сборка) и механизированные стенды, поточно-механизированные линии, платформы на воздушной подушке (групповая подвижная сборка);

10 Средства малой механизации: приспособления на базе УСП, прессы, механизированный и немеханизированный инструмент (стационарная сборка); групповые переналаживаемые УСП и переналаживаемая оснастка, прессы, механизированный инструмент (групповая поточная сборка);

11 Подъемно-транспортные средства: мостовой кран, консольно-поворотный кран (стационарная сборка); монорельс с электротельферами, двухрельсовые тележки, поворотные тележки, поворотные платформы, мостовой и консольно-поворотный краны (групповая поточная сборка).

Среднесерийное производство является наиболее распространенным видом производства в общем и среднем машиностроении (станкостроение, производство прессов, насосов и т.д.). Этот вид производства имеет следующие признаки:

1 Изделия выпускаются сериями (табл. 6, приложение А);

2 Организационными формами сборки являются:

2.1 Стационарная непоточная с дифференциацией сборочных работ (см. рис.2.2);

2.2 Стационарная поточная с дифференциацией сборочных работ (рис.2.4);

2.3 Поточная подвижная с расчленением процесса на операции и с передачей в процессе сборки собираемого объекта от одного рабочего места к другому вручную (рис.2.5);

3 Узловая и общая сборка изделий производится по разработанному ТПС, расчлененному на комплексные операции с большим оперативным временем, приведенным в соответствие с тактом сборки. По каждой операции указывается применяемое оборудование, инструмент и приспособление;

4 Сборка осуществляется на основе неполной (ограниченной) взаимозаменяемости деталей. Заданная точность замыкающих звеньев сборочных размерных цепей достигается путем подгонки одной из деталей СБЕ или специального компенсатора, а также методом регулирования точности компенсатором (подвижным или неподвижным);

5 Метод сборки должен быть обоснован и подтверждаться расчетом сборочных размерных цепей с установлением исполнительного размера компенсатора или количества и размеров прокладок в наборе;

6 Оборудование, оснастка и инструмент, а также подъемно-транспортные средства принимаются с учетом формы организации сборки (см. рис. 2.2–2.5);

При сборке широко применяются специальные приспособления: стационарные и поворотные с пневматическими и гидравлическими зажимами; специальное оборудование: пневматические и гидравлические прессы, клепальные станки и др. Тип и конструкция применяемого при сборке инструмента и приспособлений зависят от содержания ТПС.

К ручному инструменту относятся молотки, кусачки, напильники, плоскогубцы и др., к механизированному электро- и пневмогайковерты, шпильковерты, винтозавертывающий инструмент, пневматические и электрические сверлильные машины, шлифовальные машины;

7 Слесари сборочных работ имеют среднюю квалификацию и специализируются на выполнении нескольких закрепленных за ними периодически повторяющихся операциях с использованием универсальной и специальной оснастки.

8 Время сборки изделия соответствует такту выпуска.

В крупносерийном производстве применяется поточная подвижная сборка. Основными признаками этого вида производства являются:

1) крупные, систематически повторяющиеся серии изделий (см. рис.2.5). Коэффициент закрепления операций свыше 1 до 10;

2) метод сборки – полная или групповая взаимозаменяемость. Пригодные работы на общей сборке исключены;

3) ТПС расчленен на операции;

4) за каждым рабочим местом закреплена одна операция;

5) сборка изделий производится по непрерывно-поточному методу с принудительным перемещением объектов сборки и с механической жесткой связью между ними;

6) подача объекта сборки – механическая;

7) применяется специальный инструмент и оснастка для выполнения конкретной операции сборки;

8) специализация рабочих на закрепленных операциях;

9) транспортные средства – сборочные конвейеры (ленточные и пластинчатые, тележечные горизонтального или вертикального расположения, карусельные, подвесные, шагающие);

10) Темп сборки строго регламентирован.

В массовом производстве применяется **поточная подвизная** сборка с механической непрерывной или периодической подачей объекта сборки на рабочие позиции (см. рис. 2.5).

Массовое производство имеет следующие признаки:

1) номенклатура собираемых изделий – постоянная. Коэффициент закрепления операций равен 1;

2) метод сборки – полная или групповая взаимозаменяемость;

3) ТПС расчленяется на простейшие операции и переходы;

4) рабочий слесарь–сборщик имеет низкую квалификацию и выполняет только одну операцию. Количество рабочих мест равно количеству операций;

5) детали, СБЕ и агрегаты доставляются на общую сборку на рабочие места по строгому графику;

6) подача объекта сборки механическая принудительная, непрерывная или периодическая с жесткой механической связью;

7) на рабочих местах применяется специальный механизированный инструмент и специальная оснастка для выполнения конкретной сборочной операции;

8) транспортные средства такие же, как и в крупносерийном производстве;

9) темп сборки строго регламентирован.

Тип производства зависит от среднемесячного выпуска изделий, трудоемкости сборки (по укрупненным нормам), номенклатуры собираемых изделий и от коэффициента закрепления операций по ГОСТ 3.1108-74 (табл. 6, приложение А).

При выборе типа производства учитывают также темп сборки. Если темп значительно превышает среднюю, предварительно установленную про-

должительность операции, то сборка выполняется по принципу серийного – производства: на одном рабочем месте собирают различные изделия. Если темп близок к средней продолжительности операции, то сборку выполняют по принципу массового производства. За каждым рабочим местом закрепляется конкретная операция. Если темп низкий, то идут путем дифференциации сборочного процесса.

При заданном режиме работы цеха темп t определяют по формуле:

$$t = \frac{60 \cdot F}{N},$$

где F – годовой фонд времени, час; N – выпуск изделий за год, шт.

Годовой фонд времени может быть номинальным (расчетным) и действительным (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Годовой фонд времени, ч.

Вид фонда времени	Режим сборки		
	Работа в одну смену	Работа в две смены	Работа в три смены
Номинальный (календарный)	2070	4140	6210
Действительный с учетом ремонта автоматизированного оборудования.	2030	4015	5965
Действительный с учетом ремонта автоматизированного оборудования.	1950	3810	5590
Действительный для автоматических линий	1900	3725	5465
Действительный при 15-дневном отпуске рабочих сборщиков	1860	3720	5580
Действительный при 24-дневном отпуске рабочих сборщиков	1820	3640	5460

2.3.4 Организационные формы сборки и их выбор

Под формой организации сборки машин понимается организационно-технический принцип построения технологического процесса. Решающее влияние на выбор организационных форм сборочных работ оказывают следующие факторы: объем выпуска, конструкция изделия, его габаритные размеры; масса, трудоемкость сборочного процесса; тип и условия производства.

Организационные формы (виды) сборки выделяют по двум признакам (табл. 1.2).

1 По перемещению собираемого изделия:

- 1.1 Подвижная с непрерывным перемещением;
- 1.2 Подвижная с периодическим перемещением;
- 1.3 Неподвижная (стационарная);

2 По форме организации производства:

- 2.1 Поточная с использованием транспортных средств;
- 2.2 Поточная без использования транспортных средств;
- 2.3 Поточная стационарная;
- 2.4 Групповая поточная с использованием транспортных средств;
- 2.5 Групповая поточная без использования транспортных средств;
- 2.6 Групповая непоточная;
- 2.7 Единичная.

П о д в и ж н а я с б о р к а – это сборка изделия или составных частей с перемещением их по позициям (рабочим местам), на каждом из которых выполняются определенные операции. В этом случае детали и сборочные единицы поступают на соответствующие сборочные места, оснащенные необходимым инструментом, оснасткой и средствами механизации и автоматизации. Характер транспортных средств зависит от типа производства. Перемещение собираемого объекта может быть свободным или принудительным.

При свободном перемещении объекта сборки рабочий после окончания операции сам перемещает собираемое изделие вручную или с помощью механизированных средств (тележки на рельсах, рольганги и т.п.).

С принудительным перемещением объекта сборки изделие перемещается при помощи конвейера или тележек, замкнутых ведомой замкнутой цепью. При этом сборка выполняется непосредственно на конвейере или возле него на стенде (изделие снимают с конвейера на время сборки на данной операции).

С т а ц и о н а р н а я с б о р к а – это сборка изделия или его составных частей на одной позиции. Стационарная сборка может осуществляться по принципу концентрации или дифференциации сборочных работ. В первом случае изделия собираются последовательно одним рабочим высокой квалификации или бригадой рабочих сборщиков. При бригадном методе сборки имеет место некоторое разделение рабочих по основным видам выполняемых сборочных операций внутри бригады. Во втором случае, когда стационарная сборка выполняется с дифференциацией процесса

на узловую сборку отдельных СБЕ и общую сборку изделия, создается возможность специализации рабочих мест путем закрепления за ними отдельных операций, сокращения длительности сборочного процесса, снижение трудоемкости и себестоимости сборочных работ.

Поточная – сборка изделия или его составной части в условиях поточной организации производства. При поточной сборке работа идет не прерывно и собранные изделия выходят периодически через определенный промежуток времени (такт).

Сборка по поточной организации технологического процесса возможна при следующих условиях:

1) метод сборки - полная взаимозаменяемость. В случае, если есть необходимость использования пригоночных или регулировочных работ, то они должны осуществляться за пределами потока, на операциях предварительной сборки.

2) сборочный процесс расчленяется на отдельные операции, по возможности одинаковые или кратные по времени их выполнения.

3) за каждым рабочим местом (операцией) должно быть закреплено потребное количество рабочих соответствующей квалификации, приспособлений и инструментов.

4) регулярная и своевременная доставка (по графику) к сборочным местам комплектов деталей и составных частей изделия, приспособлений, инструментов и материалов.

5) вся организация работы поточной линии должна быть разработана подробно и точно.

Поточная сборка может быть подвижной или стационарной.

При поточной подвижной сборке сборочный процесс расчленяется на операции с одинаковым временем для их выполнения. Изделие перемещается на транспортном устройстве с непрерывной или периодической подачей.

При **непрерывной** подаче изделия рабочие выполняют свои операции во время движения конвейера со скоростью движения конвейера, при которой рабочий выполняет свою операцию за время, равное такту выпуска.

При **периодической** подаче изделия операция выполняется рабочим в период остановки конвейера; продолжительность остановки соответствует времени, необходимому для выполнения операции на каждом рабочем месте. Продолжительность остановок конвейера и время на передвижение собираемого изделия от одного рабочего места до другого должны в сумме соответствовать величине такта выпуска.

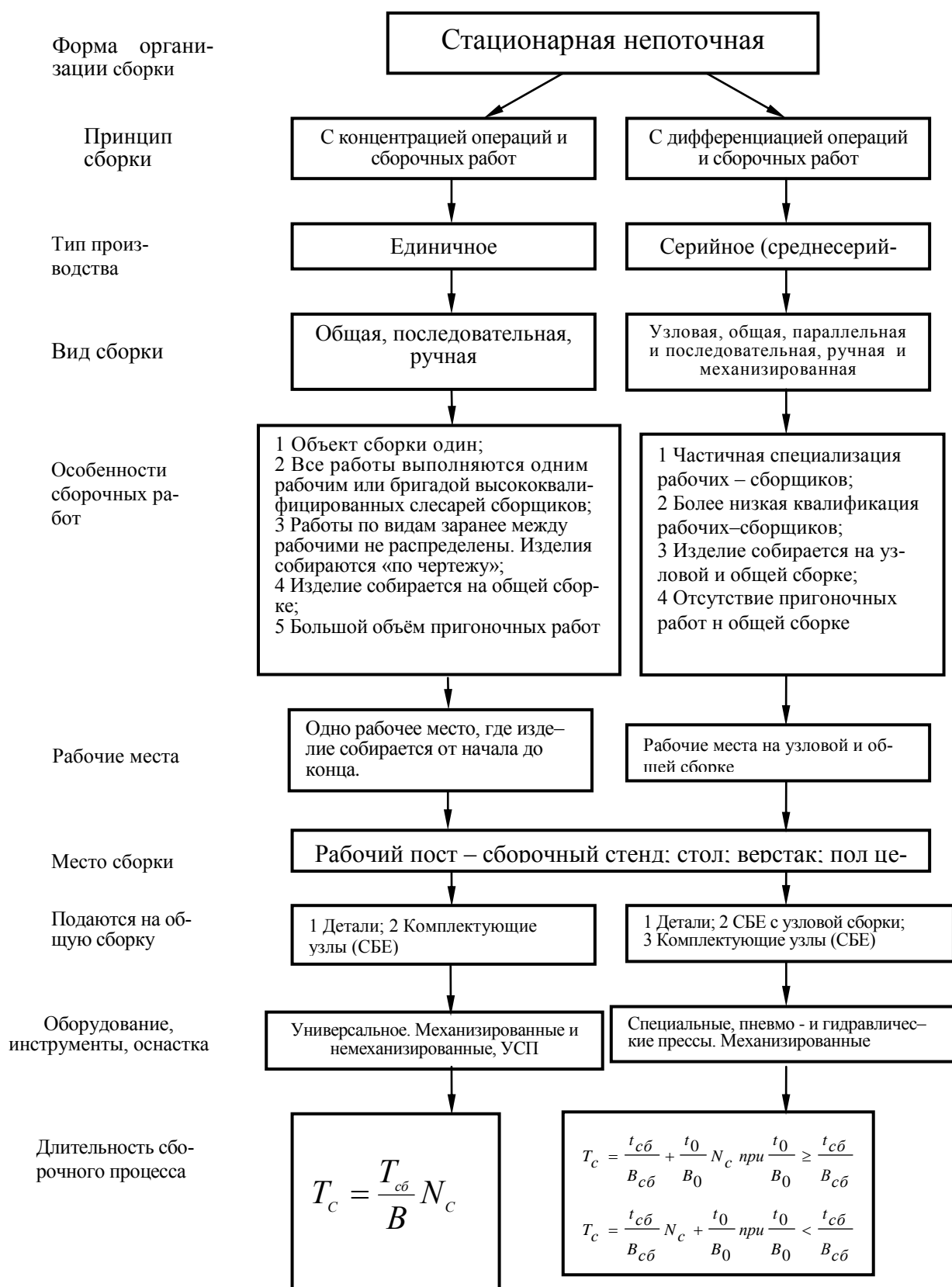


Рисунок 2.2 – Особенности стационарной непоточной сборки: ($T_{сб}$ – суммарная длительность процесса сборки одного изделия; N_c – число собираемых изделий; B – число рабочих в сборочной бригаде; $t_{сб}$ – трудоёмкость сборки наиболее трудоёмкой СБЕ; $B_{сб}$ – число рабочих на узловой сборке; t_0 – трудоёмкость общей сборки изделия; B_0 – число рабочих, занятых на общей сборке)

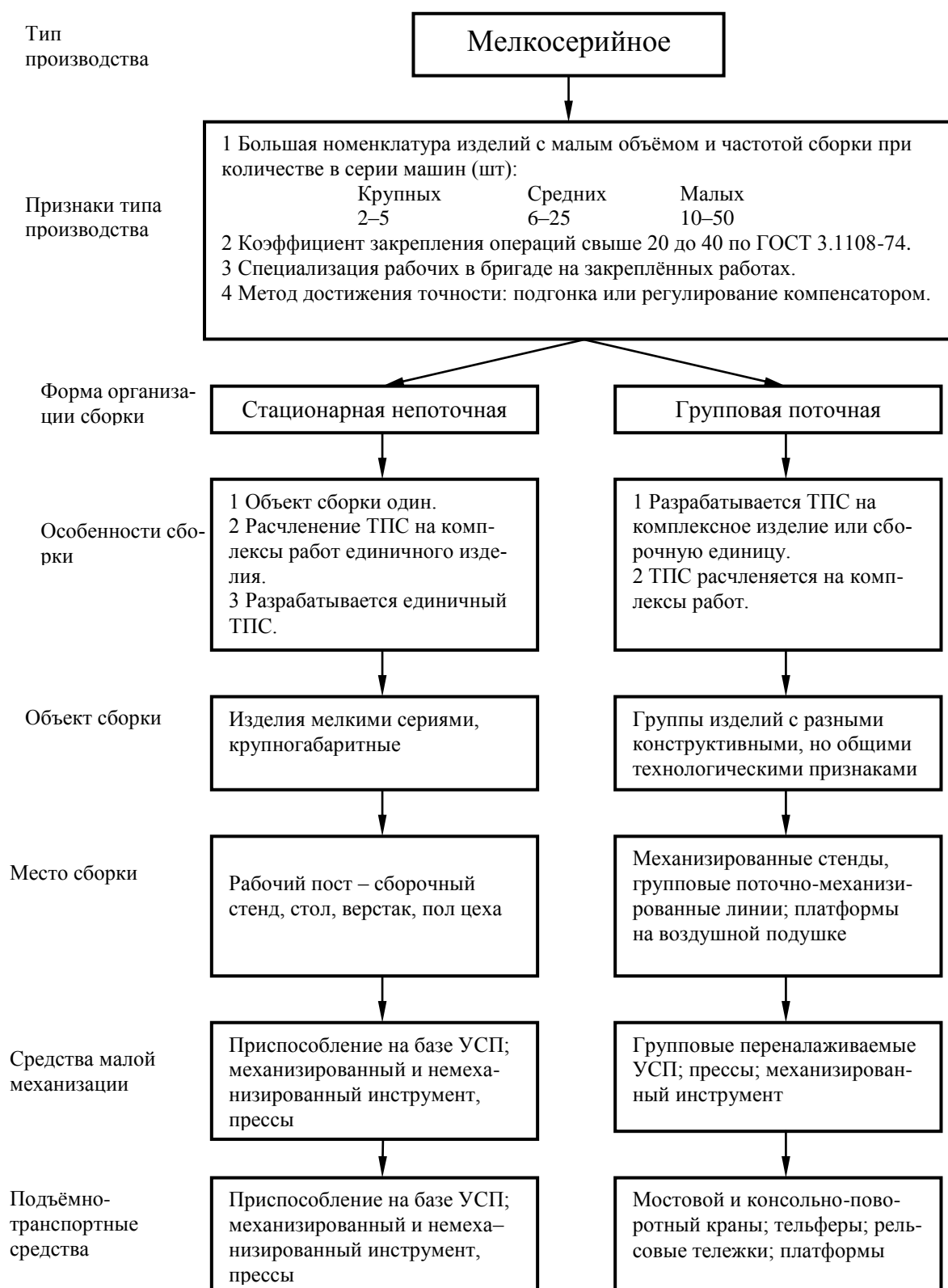


Рисунок 2.3 – Особенности сборочных работ в мелкосерийном производстве:

1 – Групповая поточная сборка организовывается на заводах отраслевого назначения. Ей предшествует сбор, анализ и группирование отраслевой номенклатуры изделий и СБЕ одинакового функционального назначения, но разного конструктивного исполнения.

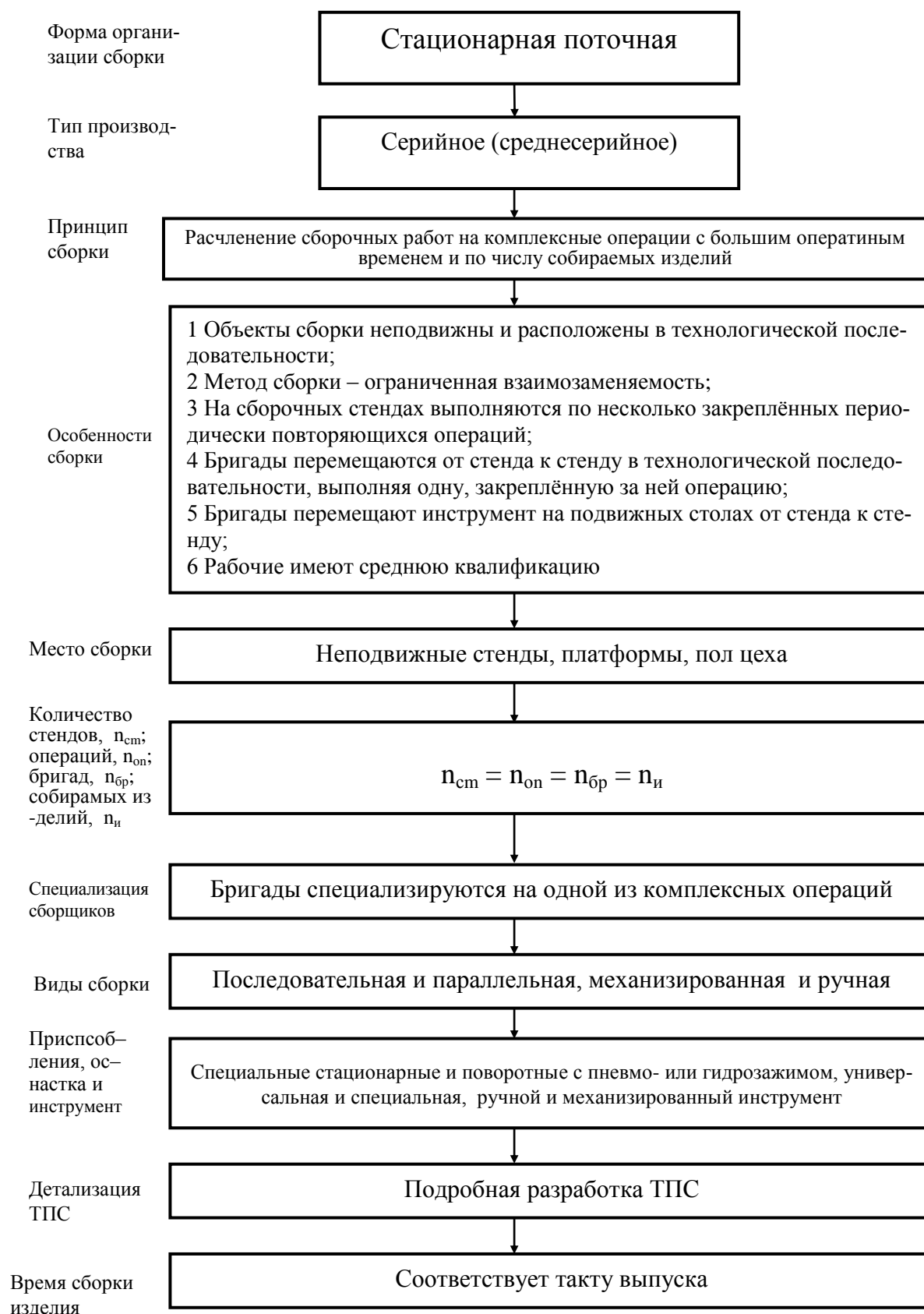
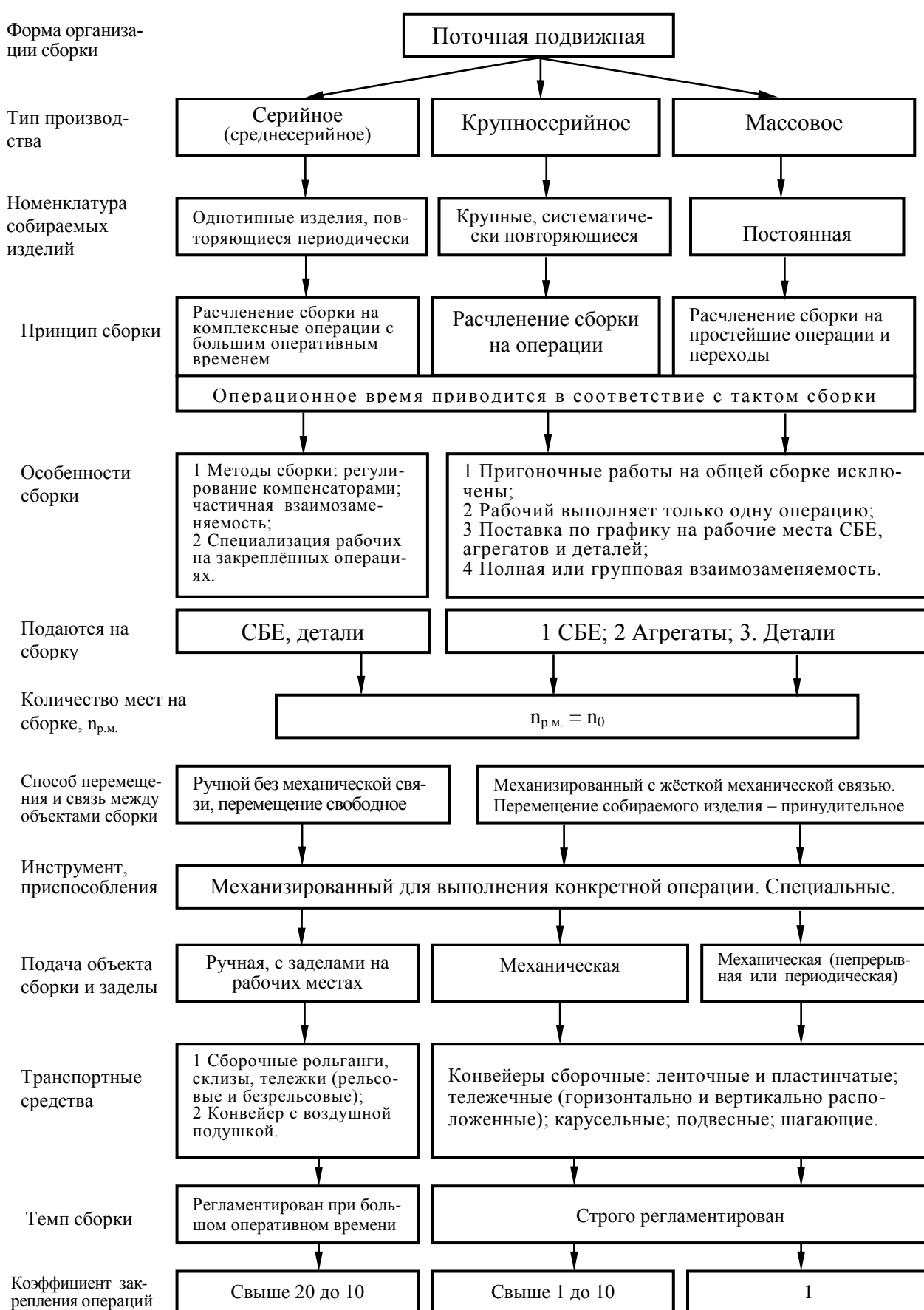


Рисунок 2.4 – Особенности стационарной поточной сборки

Рисунок 2.5 – Особенности поточной подвижной сборки (n_0 – колич. операций)

Н е п о д в и ж н а я п о т о ч н а я подача выполняется на неподвижных рабочих местах (стендах) передвижными бригадами. Каждая бригада выполняет на стендах одну, закрепленную за ней комплексную операцию и переходит к другому стенду, затем к третьему и т.д. Эта форма организации сборки применяется в мелкосерийном производстве, особенно для изделий большого веса, нетранспортабельных или требующих для перемещения сложных транспортных устройств. Готовые собранные изделия снимают со стендов поочередно через одинаковый промежуток времени, соответствующий такту выпуска. Наиболее удобной длительностью операции является время, равное или кратное количеству часов рабочего дня.

Г р у п п о в а я с б о р к а – сборка изделия или его составной части в условиях групповой организации производства. При групповой технологии сборки ТПС проектируется по комплексному изделию. На участках с групповой сборкой собираются, проходят испытания, окраску и упаковку однотипные изделия различных типоразмеров и веса, например насосы нескольких типоразмеров и т.п.

Групповая сборка эффективна при унификации деталей и составных частей однотипных изделий с различными типоразмерами и весом. Комплексное изделие (реальный или теоретический объект), на которое разрабатывается ТПС, должен иметь наибольшее число основных и вспомогательных операций сборки.

Использование групповой сборки дает возможность повысить уровень серийности производства и создает условия для применения более совершенной технологии, механизации и автоматизации сборочных работ. Групповая сборка эффективна при концентрации сборочных работ на отдельных предприятиях отрасли.

Решающее влияние на выбор форм организации сборки имеет тип производства см. (рис. 2.2–2.5, табл. 6, приложение А), размеры, вес и транспортабельность объекта сборки, степень унификации и стандартизации деталей, СБЕ и агрегатов, входящих в изделие, метод сборки и др.

2.3.5 Размерный анализ и расчет сборочных размерных цепей

Размерный анализ СБЕ изделия производится параллельно с разработкой ТПС с целью окончательной проверки возможности достижения заданной точности замыкающих звеньев размерной цепи в соответствии с разра-

батываемым технологическим процессом. Размерная отработка конструкций изделий и сборочных единиц предусматривает следующие этапы:

- анализ соответствия технических требований в чертежах служебному назначению, под которым понимают точно и четко сформулированную задачу, для которой предназначено изделие;
- выявление замыкающих звеньев в соответствии со служебным назначением составных частей изделия;
- выявление сборочных размерных цепей и видов связей (параллельная, последовательная, смешанная) между ними;
- расчет размерных цепей.

Особенности размерного анализа объекта сборки зависят от конструкции изделия, количества взаимосвязанных сборочных размерных цепей и принятых методов достижения точности замыкающих звеньев:

- с полной взаимозаменяемостью;
- с неполной взаимозаменяемостью;
- с групповой взаимозаменяемостью;
- регулировкой компенсаторами;
- пригонкой.

Методы достижения точности замыкающих звеньев выбирают в зависимости, прежде всего, от типа производства, количества звеньев в сборочных размерных цепях, средней точности (качества) на размеры составляющих звеньев и с учетом трудоемкости сборочных работ и затрат на изготовление деталей изделия.

При сборке редукторов, например, точность замыкающих звеньев СБЕ вала, червячного колеса, червяка и т.д. достигается методом регулирования компенсаторами. Это связано с тем, что в СБЕ валов входят подшипники качения, допуск на ширину которых достигает 0,5 мм, в то время как допуск на замыкающие звенья достигает лишь десятки микрон. Поэтому осевые размеры деталей, входящих в сборочные размерные цепи, назначают расширенными, экономически выгодными для принятых методов механической обработки, а заданную точность замыкающих звеньев регулируют подвижными или неподвижными (ступенчатыми) компенсаторами (наборы прокладок).

Точность межосевого расстояния и перекося осей в редукторах с нерегулируемым положением осей достигают методом полной взаимозаменяемости.

Рассмотрим пример размерного анализа червячного редуктора, приведенного на (рис. 2.6, *a*).

Редуктор состоит из следующих деталей: 1 - корпус нижний; 2 - корпус верхний; 3 - червяк; 5 - ступица; 6, 11, 14, 19, 22, 23 - винты; 7 - зубчатый венец; 8 - шпонка; 10, 13 - подшипники качения; 12, 16, 17 29 - наборы прокладок; 15, 28 - крышки фланцевые глухие; 20 - прокладка уплотнительная; 21 - крышка люка; 24 - крышка; 25 - штифты конические; 26 - маслоуказатель; 27, 32 - уплотнения; 30 - болты; 31 - гайки; 33 - шайбы разрезные.

При размерном анализе будем решать следующие вопросы:

- определим по ГОСТ 3675-81 отклонения и допуск, показатели норм точности в соответствии с заданной точностью червячной передачи;
- определим и обозначим на сборочном чертеже редуктора замыкающие звенья сборочных размерных цепей;
- выявим составляющие звенья сборочных размерных цепей;
- определим тип связи между сборочными размерными цепями;

Расчет размерных цепей производим по методике, учитывающей метод достижения точности замыкающих звеньев.

В конструкции червячного редуктора (см. рис. 2.6, *a*.) точность замыкающих звеньев достигается методом регулирования ступенчатым компенсатором (набор прокладок поз. 12, 16 и 29, рис. 2.6, *a*.). При расчете размерных цепей устанавливаем размеры и количество прокладок, входящих в наборы и достаточных для регулирования при сборке точности осевых зазоров в подшипниках (поз. 10 и 13, рис. 2.6, *a*.) и точности совпадения средней плоскости червячного колеса с осью вращения червяка.

Показателями, определяющими норму контакта и бокового зазора в червячной передаче являются:

- отклонение межосевого расстояния far (см. рис. 2.6, *d*), которое представляет разность действительного и номинального межосевых расстояний в собранной передаче;
- смещение средней плоскости червячного колеса в передаче fxr (см. рис. 2.6, *e*), которое представляет расстояние между средней плоскостью, перпендикулярной его оси, проходящей через ось вращения червяка в собранной передаче;
- предельные отклонения межосевого угла в червячной передаче $\pm f\Delta$ (см. рис. 2.6, *e*).

Перечисленные показатели нормы контакта и бокового зазора могут быть обеспечены только в том случае, если осевая игра подшипников качения (поз. 10 и 13 рис. 2.6, *a*) после сборки будет находиться в заданных пре-

делах. Осевая игра этих подшипников регулируется при сборке с помощью набора прокладок 16, и 12 соответственно.

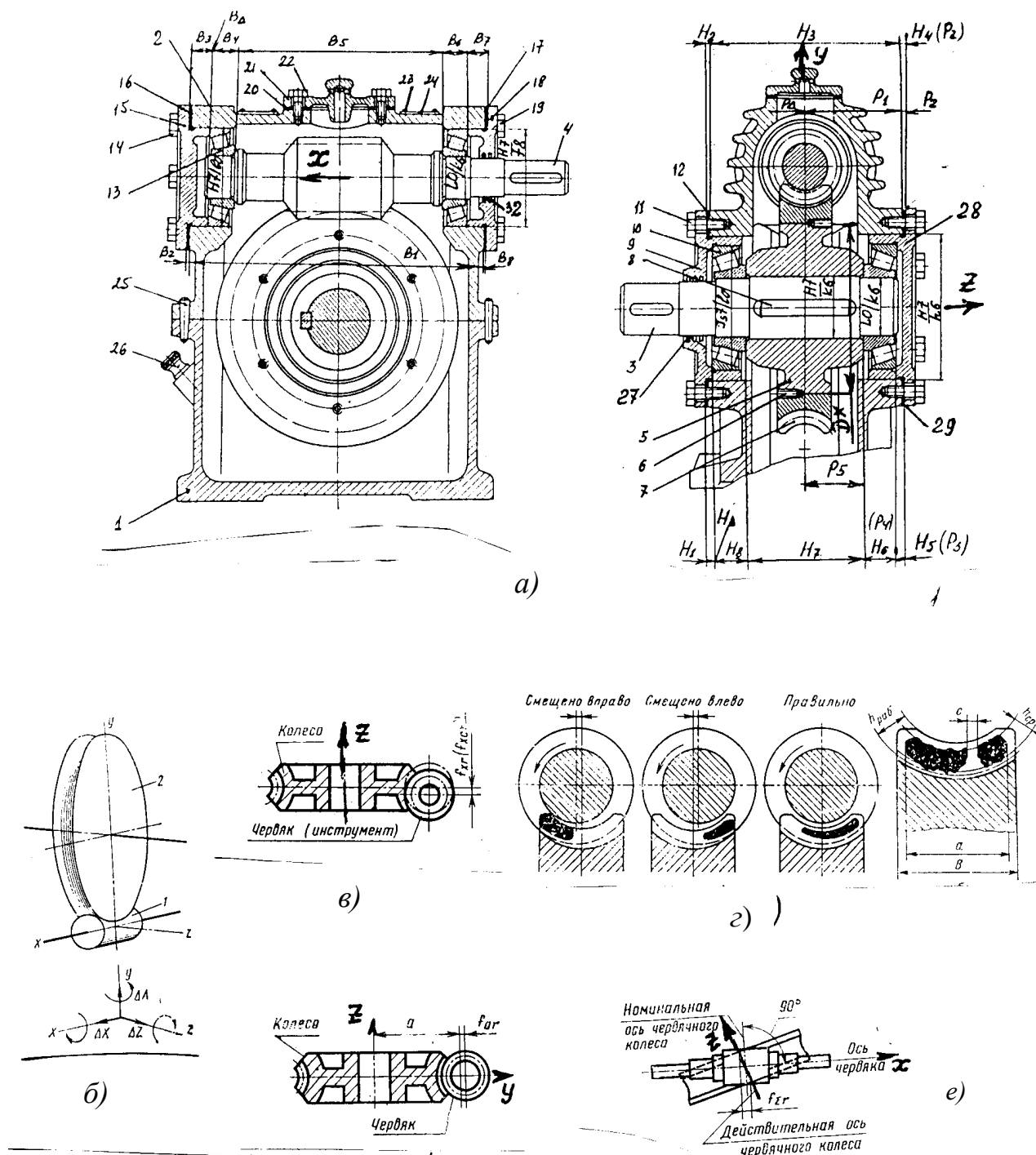


Рисунок 2.6 – Исходные данные к сборке червячного редуктора

a - сборочный чертеж; *b* - схема червячной передачи и координатные оси; *в* - смещение оси симметрии колеса относительно оси вращения червяка; *г* - виды отпечатков на зубьях червячного колеса при проверке зацепления на краску; *д* - погрешность межосевого расстояния; *е* - погрешность перекоса осей валов.

Схемы сборочных размерных цепей червяка и червячного колеса приведены на (рис. 2.7).

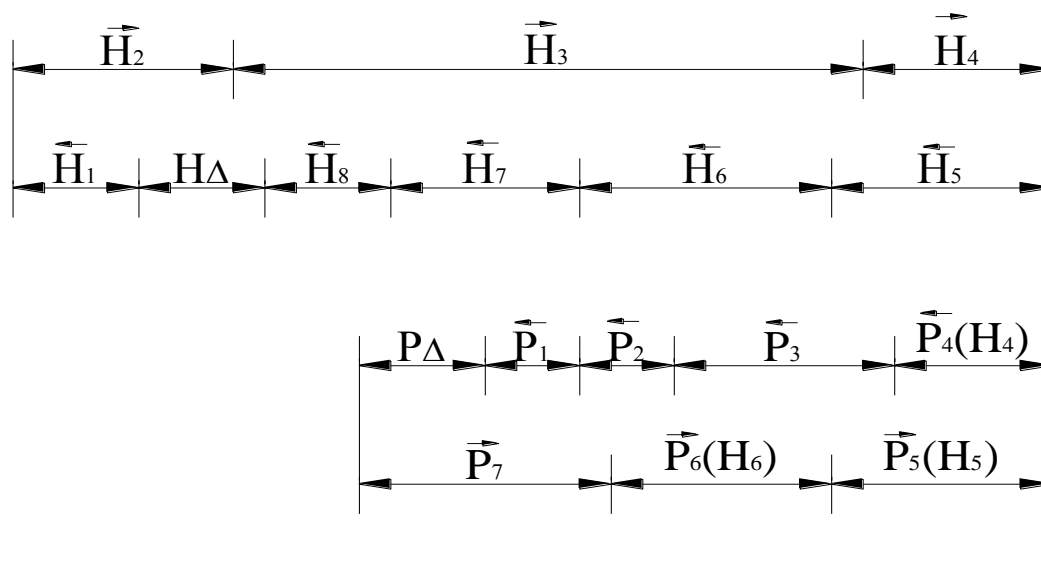


Рисунок 2.7 – Схемы сборочных размерных цепей вала червячного колеса редуктора

Рассмотрим пример расчета сборочных размерных цепей P и H (см. рис. 2.7).

Исходным звеном размерной цепи P является размер $P_\Delta = \pm f_x$ (табл. 7, приложение А) – совпадение средней плоскости зубчатого червячного колеса с осью вращения червяка.

Исходным звеном размерной цепи H является размер $H_\Delta = 0_{ei\Delta}^{es\Delta}$ (табл. 8, приложение А) – осевая игра в конических подшипниках 1 (рис. 2.6, а).

В соответствии с конструкцией редуктора точность сборки достигается методом регулирования неподвижным компенсатором. Принимаем в качестве компенсатора наборы прокладок разной толщины.

В соответствии с условиями эксплуатации редуктора и чертежом (рис. 2.6, а) принимаем следующие исходные данные:

- роликовый конический однорядный подшипник типа 7613 класса точности 0 (монтажная высота $T = 51 \pm 0,25$, ширина внутреннего кольца $B = 48 - 0,3$);

- точность червячной передачи – 8-В ГОСТ 3675-81;

- межосевое расстояние $a = 172$ мм;

- точность исходных звеньев: $P_\Delta = 0 \pm 0,071$ (табл. 7, приложение А),

$H_\Delta = 0_{+0,080}^{+0,150}$ (табл. 8, приложение А);

- H – номинальные размеры деталей редуктора;
- $P_1 = P_2$ – смещение центра дорожек качения наружного кольца подшипника в левой и правой опорах червяка (число равно половине радиального биения дорожки качения наружного кольца подшипника по ГОСТ 520-89); в нашем случае $P_1 = P_2 = 0^{+0,02}$ – подшипник 7609 класса точности 0 с размерами $D = 100$ мм и $d = 45$ мм;
- $P_3 = 135$ мм – расстояние в корпусе между осью посадочного отверстия под подшипники червяка и пластиком;
- $P_4 = 1$ мм – размер компенсатора (принимается предварительно);
- $P_5 = 12$ мм – расстояние между торцевыми поверхностями крышки;
- $P_6 = T = 51 \pm 0,25$ – монтажная высота подшипника [13, с.261] или [4, с.501] или ГОСТ 520-71, с.31;
- $P_7 = 73$ мм – расстояние между торцом ступицы и средней плоскостью зубчатого венца.

Составляющие звенья сборочной размерной цепи P разобьем на три группы:

звенья P_1, P_2 и P_6 – допуски и предельные отклонения при их изготовлении задают в зависимости от размеров и точности подшипников 10 и 13 (рис. 2.6,а);

звенья P_3, P_5 и P_7 – допуски при их изготовлении задают расширенными в 12–14-м квалитетах. Одно из этих звеньев P_5 примем в расчетах как корректирующие; звено P_4 – компенсатор (набор прокладок), допуск и предельные отклонения, а также количество прокладок установим по известным методикам [5;6].

Коэффициенты α_i и λ_i выбираем из (табл. 2.3).

Известную информацию о составляющих звеньях с целью систематизации расчетов сводим в табл. 2.2.

На составляющие звенья P_3, P_5 и P_7 назначим расширенными допуски по (табл. 2.3): $P_1 = 135 \pm (IT12/2) = 135 \pm 0,20$; $P_5 = 12 \pm (IT12/2) = 12 \pm 0,09$;

$$P_7 = 73 \pm (IT12/2) = 73 \pm 0,15.$$

Допуск на компенсатор P_4 принимаем предварительно из условия $P_4 = 1 \pm 0,05$. Допуск на компенсатор рассчитывают с учетом количества прокладок в наборе и величины допуска на изготовление каждой прокладки [6, с.72].

Координату середины поля допуска составляющих звеньев (табл. 2.2) рассчитаем: $E'm_i = (es_i' + ei_i')$

Таблица 2.2 – Параметры звеньев сборочных размерных цепей вала червячного колеса редуктора (рис.2.6, а)

Размеры			Расчетные параметры						Значения коэф-тов	
Обозначение	Характер звена	ξ_i	Предварительные			Окончательные				
			HP_{ei}^{es}	E_{mi}	T _i	$HP'_{ei'} \frac{es'}{ei'}$	E'_{mi}	T'_{mi}		
P_{Δ}	-	-	$0 \pm 0,071$	0	0,14 2	$0 \pm 0,071$	0	0,142	0	0,33
P_1	ум.	-0.5	$0^{+0,02}$	+0,01	0,02	$0^{+0,02}$	+0,01	0,02	0	0,33
P_2	ум.	-0,5	$0^{+0,02}$	+0,01	0,02	$0^{+0,02}$	+0,01	0,02	0	0,33
P_3	ум.	-1	$135 \pm 0,2$	0	0,40	$135 \pm 0,20$	0	0,40	0	0,33
P_4	ум.	-1	$1 \pm 0,05$	0	0,10	$1 \pm 0,05$	0	0,10	0	0,33
P_5	ув.	+1	$12 \pm 0,09$	0	0,18	$12 \begin{smallmatrix} -0,535 \\ -0,715 \end{smallmatrix}$	0,635	0,18	0	0,33
P_6	ув.	+1	$51 \pm 0,25$	0	0,50	$51 \pm 0,25$	0	0,50	0	0,33
P_7	ув.	+1	$73 \pm 0,15$	0	0,30	$73 \pm 0,15$	0	0,30	0	0,33
H_{Δ}	-	-	$0 \begin{smallmatrix} +0,150 \\ +0,080 \end{smallmatrix}$	+0,115	0,07	$0 \begin{smallmatrix} +0,150 \\ +0,080 \end{smallmatrix}$	+0,11 5	0,07	0	0,33
H_1	ув.	-1	$12_{-0,18}$	-0,09	0,18	$12^{+0,18}$	+0,09	0,18	0,1	0,33
H_2	ув.	+1	$1 \pm 0,035$	0	0,07	$1 \pm 0,035$	0	0,07	0	0,33
H_3	ув.	+1	$270 \pm 0,26$	0	0,52	$270 \pm 0,26$	0	0,52	0	0,33
H_4	ум.	+1	$1 \pm 0,05$	0	0,10	$1 \pm 0,05$	0	0,10	0	0,33
H_5	ум.	-1	$12 \begin{smallmatrix} -0,535 \\ -0,715 \end{smallmatrix}$	-0,625	0,18	$12 \begin{smallmatrix} -0,535 \\ -0,715 \end{smallmatrix}$	0	0,18	0	0,33
H_6	ум.	-1	$51 \pm 0,25$	0	0,50	$51 \pm 0,25$	0	0,50	0	0,33
H_7	ум.	-1	$146_{-0,40}$	-0,2	0,40	$146_{-0,40}$	-0,20	0,40	0,1	0,33
H_8	ум.	-1	$51 \pm 0,25$	0	0,50	$51 \pm 0,25$	0	0,50	0	0,33

Таблица 2.3 – Допуски T'_i и коэффициенты K_i , α_i и λ_i – составляющих звеньев

		Виды сопрягаемых поверхностей		
		Охватывающие	Охватываемые	Остальные
Рекомендуемые поля допусков		$H12$	$H12$	$\pm IT^{12/2}$
Коэффициенты	K_i	1,2	1,2	1,2
	α_i	-0,1	+0,1	0
	λ_i	0,37-0,47	0,37-0,47	0,37-0,47

Определим количество и размеры прокладок 29 (рис. 2.6,а.) компенсатора для регулирования при сборке, точности замыкающего звена P_{Δ} . Для этого необходимо выполнить следующие расчеты. Определим производственный допуск T'_{Δ} замыкающего звена (при $P = 0,27\%$) по формуле

$$T'_{\Delta} = 3 \cdot \sqrt{\sum \lambda_i^2 \cdot (T_i^2)^2} = 3 \cdot \sqrt{0,33^2 (0,02^2 + 0,02^2 + 0,4^2 + 0,1^2 + 0,18 + 0,5^2 + 0,3^2)} = 0,73 \text{ мм}$$

Установим величину компенсации

$$T_{\text{комп.}} = T'_{\Delta} - T_{\Delta} = 0,73 - 0,142 = 0,558 \text{ мм}$$

Рассчитаем координату середины поля допуска замыкающего звена при расширенных полях допусков составляющих звеньев по формуле

$$E_{m\Delta} = \sum_1^8 \xi_i \left(E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2} \right) = -0,5 (+0,01 + 0) + (-0,5) (+0,01 + 0) + 0 + 0 + 0 + 0 = -0,01 \text{ мм}$$

Определим поправку $E_{\text{мкор}}^{\text{попр}}$ (компенсирующее звено P_4 является уменьшающим) по формуле

$$E_{\text{мкор}}^{\text{попр}} = E_{m\Delta} - E'_{m\Delta} + \frac{T'_{\Delta}}{2} - E_{m4} - P_4 = 0 - (-0,01) + \frac{0,73}{2} - 1 = -0,625 \text{ мм}$$

Изменяем величину среднего отклонения корректирующего звена P_5 . Звено P_5 является увеличивающим и измененное среднее отклонение рассчитывается по формуле со знаком «+»

$$E_{\text{мкор}}^{\text{изм}} = E'_{\text{мкор}} \pm E_{\text{мкор}}^{\text{попр}}$$

$$E_{\text{мкор}}^{\text{изм}} = 0 + (-0,625) = -0,625 \text{ мм.}$$

Тогда

$$P_5 = (12 - 0,625) \pm 0,09 = 12_{-0,715}^{-0,535}$$

Рассчитаем по формуле 3 (табл. 2.4) размер заготовки неподвижного компенсатора, который является уменьшающим звеном сборочной размерной цепи «Р»

$$P_4^{\max} = H_4 + E_{m4} + E'_{m\Delta} - E_{m\Delta} + \frac{1}{2} \cdot T_{\text{комп.}} = 1 + (-0,01) + 0 + 0 + \frac{0,588}{2} = 1,289 \text{ мм.}$$

Таблица 2.4 – Предельные размеры заготовки неподвижного компенсатора для достижения точности методом регулирования

Сведения о компенсаторе		Расчетные формулы	Номер формул
Характер звена в размерной цепи	Предельные размеры A_{mk}		
Увеличивающее звено	max	$A_{mk}^{\max} = A_k + E_{mk} + E_{m\Delta} - E'_{m\Delta} + \frac{1}{2} T_{\text{комп}}$	1
	min	$A_{mk}^{\min} = A_k + E_{mk} + E_{m\Delta} - E'_{m\Delta} - \frac{1}{2} T_{\text{комп}}$	2
Уменьшающее звено	max	$A_{mk}^{\max} = A_k + E_{mk} + E'_{m\Delta} - E_{m\Delta} + \frac{1}{2} T_{\text{комп}}$	3
	min	$A_{mk}^{\min} = A_k + E_{mk} + E'_{m\Delta} - E_{m\Delta} - \frac{1}{2} T_{\text{комп}}$	4

В качестве первой, самой тонкой, прокладки принимаем ленту стальную (табл. 9, приложение А) толщиной

$$h_1 \leq T_{\Delta} = 0,14 \pm 0,01.$$

Толщину последней, самой толстой, прокладки находим из условия

$$h_{\max} \geq 0,5P_4^{\max} \geq 0,645 \text{ мм.}$$

Толщины других прокладок набора:

второй $h_2 = 2h_1$; третьей $h_3 = 2h_2 \dots$; n-й $h_n = 2h_{n-1}$.

Следовательно, в набор должны входить компенсаторные прокладки следующих толщин

$$h_1 = 0,14 \text{ мм}; \quad h_2 = 0,28 \text{ мм}; \quad h_3 = 0,56 \text{ мм}; \quad h_4 = 1,12 \text{ мм.}$$

При этом выполняется условие

$$\sum_{i=1}^n h_i \geq P_{\kappa}^{\max};$$

$$0,14 + 0,28 + 0,56 + 1,12 = 2,1, \text{ т.е. } 2,1 > 1,289.$$

Рассчитаем размерную цепь H .

Размерную цепь H образуют следующие исходные звенья (рис.2.7):

$H_1 = 12$ мм – расстояние между торцевыми поверхностями крышки;

$H_2 = 1$ мм – толщина набора прокладок разной толщины;

$H_3 = 270$ мм – расстояние между торцами корпуса, платиками

$H_4 = P_4 = 1 \pm 0,05$; $H_5 = P_5 = 12_{-0,535}^{-0,715}$

$H_6 = H_8 = P_6 = 51 \pm 0,2$ -монтажная высота подшипника;

$H_7 = 146$ мм – длина ступицы червячного колеса. Назначим расширенные допуски на составляющие звенья H_1 , H_3 и H_7 (табл. 2.8):

$$H_1 = 12h12_{(-0,18)}; \quad H_3 = 270 \pm \frac{IT12}{2} = 270 \pm 0,26; \quad H_7 = 146h12_{(-0,40)}.$$

Определим величину производственного допуска замыкающего звена по формуле

$$T_{\Delta}' = 3 \sqrt{\sum_{i=1}^8 \lambda_i^2 \cdot (T_i')^2} = 3 \sqrt{0,33^2 (0,18^2 + 0,07^2 + 0,52^2 + 0,1^2 + 0,18^2 + 0,5^2 + 0,4^2 + 0,5^2)} \\ = 1,0 \text{ мм.}$$

Рассчитаем величину компенсации по формуле:

$$T_{\text{комп}} = T_{\Delta}' - T_{\Delta} = 1,0 - 0,07 = 0,93.$$

Установим среднее отклонение поля производственного допуска замыкающего звена по формуле

$$E_{m\Delta} = \sum_{i=1}^8 \xi (E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i'}{2}) = (1) \left[(-0,09) + 0,1 \frac{0,18}{2} \right] + 0 + 0 + \\ + (-1) \left[(-0,625) + 0 \frac{0,18}{2} \right] + 0 + (-1) \left[(-0,2) + 0,1 \frac{0,4}{2} \right] + 0 = +0,876 \text{ мм.}$$

Определим поправку $E_{\text{мкор}}^{\text{попр}}$ на среднее отклонение корректирующего звена (компенсатор H_2 является увеличивающим звеном) по формуле:

$$E_{\text{мкор}}^{\text{попр}} = E_{m\Delta} - E_{m\Delta}' - \frac{T_{\Delta}'}{2} + E_{m2} + H_2 = +0,115 - (+0,876) - 1,0/2 + 0 + 1 \\ = -0,271 \text{ мм.}$$

Изменяем величину среднего отклонения корректирующего звена H_1 по формуле

$$E_{\text{mкор}}^{\text{изм}} = E_{\text{mкор}} \pm E_{\text{mкор}}^{\text{попр}}.$$

В этой формуле принимаем знак «-», так как корректирующее звено является уменьшающим звеном

$$E_{\text{mкор}}^{\text{изм}} = -0,09 - (-0,271) = +0,18.$$

Тогда

$$H_1 = (12 + 0,18)_{-0,18} = 12^{+0,18}.$$

Определим наибольший размер компенсатора H_1 по формуле (компенсатор является увеличивающим звеном)

$$H_2^{\text{max}} = H_2 + E_{m2} + E_{m\Delta} - E'_{m\Delta} = 1 + 0 + 0,115 - 0,876 + \frac{1}{2} 0,93 = 0,7 \text{ мм.}$$

Установим толщину последней, самой толстой прокладки из условия

$$h_{\text{max}} \geq 0,5H_2^{\text{max}} = 0,35 \text{ мм.}$$

Определим количество и толщины компенсаторных прокладок в наборе.

Принимаем в качестве первой самой тонкой прокладки стальную ленту (табл. 9 приложение А) толщиной

$$h_1 \leq T\Delta = 0,07 \pm 0,005.$$

Следовательно, в набор прокладок должны входить компенсаторные прокладки следующих размеров

$$h_1 = 0,07 \text{ мм; } h_2 = 0,14 \text{ мм; } h_3 = 0,28 \text{ мм.}$$

При этом выполняется условие

$$\sum h_1 \geq 0,5H_2^{\text{max}} = 0,49 > 0,35$$

2.3.6 Разбивка изделия на СБЕ и установление последовательности сборки изделия

Для установления последовательности общей сборки изделия, прежде всего, необходимо изучить конструкцию и выявить все СБЕ и отдельные детали, которые должны поступить на общую сборку. Разбивка изделия на СБЕ является одной из главных работ при проектировании ТПС.

Прежде чем приступить к разбивке изделия на составные части, рекомендуется выполнить следующие виды работ:

1) изучить спецификацию деталей и СБЕ, из которых состоит конструкция изделия;

2) изучить и проанализировать условия и нормы, определяющие служебное назначение детали;

3) найти на сборочных чертежах замыкающие звенья сборочных размерных цепей;

4) ознакомиться с заложенными в конструкцию методами получения требуемой точности замыкающих звеньев;

5) ознакомиться со схемами сборочных размерных цепей и выявить вид их связи (параллельная, последовательная, смешанная);

6) установить последовательность достижения точности в сборочных размерных цепях при методах регулирования, заложенных в конструкцию изделия.

Например, сборочные размерные цепи P и H (см. рис 2.7) имеют параллельную связь с общими размерами $H_4 = P_4$; $H_5 = P_5$; $H_6 = P_6$. Точность звена P_{Δ} достигается регулированием с помощью набора прокладок 29, а точность звена H_{Δ} регулированием набором прокладок 12. Очевидно, что нельзя сначала регулировать осевую игру в подшипнике (звено H_{Δ}), а затем регулировать совмещение плоскости симметрии червячного колеса с осью вращения червяка, так как, при последующей регулировке звена P_{Δ} будет изменяться зазор в подшипниках. Поэтому сначала регулируют точность замыкающего звена P_{Δ} , а затем осевую игру в подшипниках (звено H_{Δ}). Таким образом, анализ размерных цепей P и H (рис. 2.6, а) показывает, что последовательность достижения точности замыкающих звеньев P_{Δ} и H_{Δ} предопределяет последовательность сборки деталей и СБЕ вала червячного колеса :вначале регулируют осевое положение вала с червячным колесом и закрепляют крышку 28, а затем, перемещают крышку 9 в сборе с помощью прокладок 12 до получения требуемого осевого зазора в подшипниках 10 и закрепляют крышку 9 винтами 11;

7) найти на сборочном чертеже детали, размеры которые образуют сборочные размерные цепи. Эти детали должны входить в состав выделяемых

СБЕ. При этом следует обратить внимание на детали, поверхности которых образуют замыкающие звенья. Одна из этих деталей должна быть установлена при сборке последней;

8) ознакомиться с техническими условиями на комплектующие изделия и детали, поступающие по кооперации.

После выполнения выше перечисленных работ приступают к разбивке изделия на СБЕ. При этом можно воспользоваться следующими рекомендациями:

1) общая сборка должна быть максимально освобождена от выполнения мелких сборочных соединений и различных вспомогательных работ;

2) на общую сборку должны подаваться как можно в большем количестве предварительно собранные СБЕ и в возможно меньшем количестве – отдельные детали;

3) укрупненные СБЕ должны расчленяться на СБЕ других, более высоких порядков с учетом принципа агрегатирования;

4) оптимальное расчленение изделия на СБЕ должно обеспечивать максимальную параллельную сборку изделия;

5) выделяя СБЕ в изделии, необходимо обеспечивать правильную технологическую связь и последовательность технологических операций. При этом не следует допускать промежуточной разбивки при сборке, транспортировке и монтаже. Если этого избежать не удастся, то соответствующие работы следует оговаривать в ТПС;

6) СБЕ, выделяемая в изделии, по габаритам, массе и по количеству собираемых деталей не должна быть большой и слишком громоздкой. Вместе с тем излишнее «дробление» изделия на СБЕ не рационально, так как это усложняет процесс комплектования при сборке и создает дополнительные трудности в организации сборочных работ. Если СБЕ по весу превышает 16 кг, то в ней должны быть предусмотрены поверхности для захвата стропами для транспортировки при сборке с применением подъемно-транспортных средств;

7) большинство деталей изделия, исключая ее главные базовые детали (корпус, станина, рама и др.), а также детали крепления резьбовых соединений, должны войти в СБЕ с тем, чтобы сократить количество отдельных деталей, подаваемых на общую сборку;

8) расчленив изделие на СБЕ, рекомендуется учитывать последовательность их установки в изделие при общей сборке;

9) в каждой СБЕ необходимо выделять базовую деталь, а в изделии – базовую СБЕ, так как сборка СБЕ начинается с базовой детали, а сборка изделия – с установки на стенде или приспособлении базовой СБЕ;

10) при выделении СБЕ из изделия следует стремиться к тому, чтобы трудоемкость, если это позволяет конструкция, была одинаковой у большинства СБЕ.

Последовательность общей сборки может быть многовариантной, особенно при сборке сложных специфицированных изделий и определяется конструктивными особенностями изделия.

Из всех выделенных СБЕ следует выбрать базовую СБЕ, с которой начинается общая сборка машины. Роль базовой СБЕ могут выполнять станина, рама тепловоза, основание устройства, корпус (часть корпуса) редуктора и т. п. Базовую деталь или базовую СБЕ устанавливают при сборке в приспособлении или на стенде в зависимости от применяемых средств сборки.

После выбора базовой детали определяют последовательность установки на нее всех СБЕ и деталей. Для этого можно воспользоваться следующими рекомендациями [2, с.473].

1) Сборку следует начинать с тех СБЕ или деталей, размеры которых являются общими звеньями, принадлежащими наибольшему количеству размерных цепей, а затем переходить к сборке тех СБЕ, размеры которых являются общими звеньями, принадлежащими постепенно уменьшающемуся количеству размерных цепей.

2) В каждой из размерных цепей сборку следует начинать с тех СБЕ и деталей, размеры которых не образуют замыкающие звенья.

3) При прочих равных условиях сборку следует начинать с той размерной цепи, при помощи которой решается наиболее ответственная задача.

4) В связанных размерных цепях, где конструкцией изделия намечено получить требуемую точность замыкающего звена методом регулирования, сборку СБЕ следует начинать с той размерной цепи, исходное звено которой не будет нарушено по точности при сборке другой, параллельно связанной размерной цепи.

Рассмотрим пример деления червячного редуктора (рис. 2.6, а) на СБЕ с учетом требований к точности червячной передачи.

При сборке червячной передачи должно обеспечиваться правильное зацепление червяка с зубчатыми колесами. Нарушение зацепления может вызвать поворот червяка относительно оси y и смещения ΔA и ΔZ (рис. 2.6, *a*). Таким образом, при сборке редуктора необходимо стремиться к тому, чтобы величины угла скрещивания осей червяка и зубчатого колеса и межосевого расстояния соответствовали чертежу, средняя плоскость колеса совпадала с осью червяка, а боковой зазор в зацеплении соответствовал техническим требованиям.

Допуски и предельные отклонения рассмотренных выше погрешностей изготовления деталей и сборки редуктора выбираются по стандарту ГОСТ 3685-81 в зависимости от модуля, числа зубьев и степеней точности по следующим нормам точности: кинематической; плавности работы; полноты контакта; бокового зазора.

Отклонение показателей норм точности образуют замыкающие звенья.

Смещение $\pm f_{x_r}$ (рис.2.6, *в*) средней плоскости венца червячной передачи является замыкающим звеном сборочной размерной цепи P . Допуск на замыкающее звено $P\Delta$ равен $2|f_{x_r}|$. Величина смещения $\pm f_{x_r}$ оказывает существенное влияние на полноту контакта передачи (рис.2.6, *з*). Размерные цепи, замыкающими звеньями которых являются отклонения $\pm f_{a_r}$ межосевого расстояния (рис.2.6, *д*) и отклонения $\pm f_{\Sigma r}$ межосевого угла (рис.2.6, *е*) червячной передачи на сборочном чертеже (рис. 2.6, *a*) не представлены.

Анализ конструкции (рис. 2.6, *a*) показывает, что точность сборки по замыкающим звеньям $\pm f_{a_r}$ и $\pm f_{\Sigma r}$ достигается методом полной взаимозаменяемости, а замыкающего звена $P\Delta$ – методом регулирования ступенчатым компенсатором (набор прокладок).

Точность и надежность работы червячной передачи во многом зависит от осевой игры конических роликоподшипников. Требуемый осевой зазор в подшипниках *10* и *13* обеспечивается при сборке в размерных цепях *B* и *H* (рис.2.6, *a*) методом регулирования ступенчатым компенсатором (набор прокладок). Допуск на замыкающие звенья *B* Δ и *H* Δ зависит от размера (*d*) подшипника, угла контакта и ряда точности [4, с.168].

При расчленении редуктора на сборочные единицы следует учитывать характер соединений (посадок) между деталями: вал *3* – подшипники *10* (переходная посадка); ступица *5* – венец *7* (посадка с натягом); крышка *28* – ко-

пус в сборе 1, 2 (посадка с зазором); подшипник 10 – крышки 9 и 28 (посадка с зазором); крышки 15 и 18 – корпус 2 (посадка с зазором).

Корпус редуктора является составным и имеет продольную ось симметрии. Поэтому может быть применена радиальная сборка, при которой составные части редуктора, соединяются в поперечном (радиальном) направлении.

Вал червячного колеса образует отдельную сборочную единицу, которую укладывают в одну из половин корпуса и накрывают другой половиной. Половины корпуса 1, 2 (рис.2.6, а) стягивают поперечными болтами и фиксируют одну относительно другой установочными штифтами 25.

Сборка вала 3 будет осевой, при которой части СБЕ соединяются в осевом направлении. Базовой деталью является вал 3.

Обычно червячные передачи начинают собирать со СБЕ червячного колеса (детали 5, 6, 7), т.е. со сборки венца со ступицей. Базовой деталью является ступица 5.

В отдельную СБЕ можно выделить крышку сквозную в сборе (детали 9, 27 и 10 – наружное кольцо) и глухую крышку (детали 28 и 10 – наружное кольцо).

В СБЕ вала червячного колеса входят: крышка 9 в сборе, червячное колесо 5 в сборе, шпонка 8 и внутренние кольца подшипника 10.

Червяк 4 можно собрать отдельно совместно с внутренним кольцом подшипника 13 и с крышкой сквозной 18 в сборе (детали 17 и 32).

Верхний корпус 2 является сложной сборочной единицей, в которую входит СБЕ червяка (базовая деталь червяк 4), крышка в сборе (детали 17 и 32).

На общую сборку поступает: верхний корпус 2 в сборе, детали (20, 21, 22, 23, 24, 11, 12, 25, 26, 29–32 и крышка 28 в сборе).

Рекомендуется работу по разбивке изделия на СБЕ оформить в виде таблицы (табл.2.4). Каждая СБЕ имеет свое название и номер, которые совпадают с наименованием и номером базовой детали. Присоединяемые детали и СБЕ желательно записывать в той последовательности, которая будет иметь место при сборке изделия и его составных частей.

Таблица 2.5 – Составные части червячного редуктора (рис.2.6, а)

ДЕТАЛИ			
Наименование	Обозначение	Базовые	Присоединяемые
Червячное колесо	Сб.5	5	6, 7
Вал червячного колеса	Сб.3	3	8, сб.5, 10в (2 шт.)
Червяк	Сб.4	4	13в (2 шт.)
Крышка сквозная	Сб.18	18	33, 17
Крышка сквозная	Сб.9	9	27, 10н
Крышка глухая	Сб.28	28	10н
Корпус верхний	Сб.2	2	Сб.4, 24, 23, 13н (2 шт.), сб.18, 19, 15, 14
Корпус нижний	Сб.1	1	26, сб.3
Редуктор	Сб.1	Сб.1	Сб.2, сб.28, 11, 29, 11, сб.9, 11, 25, 32, 30, 31, 20, 21, 22

Анализ СБЕ червячного редуктора (табл.2.5) показывает, что трудоемкость их сборки неодинакова. Это следует учесть при разработке маршрута сборки и операционной сборки червячного редуктора.

2.3.7 Построение технологических схем сборки (ТСС)

Задача проектирования технологических процессов узловой и общей сборки значительно упрощается при наличии ТСС.

ТСС представляет графическое изображение ТПС в виде условных знаков, отражающих структуру и последовательность сборки изделия и его составных частей, и служит основой при разработке ТПС.

Проектирование процесса сборки при наличии ТСС могут вести одновременно несколько технологов, что сокращает цикл технологической подготовки производства. ТСС позволяет также оценить собираемую конструкцию с технологической точки зрения.

В зависимости от способа изображения ТСС бывают двух видов: с базовой деталью и веерного типа.

Пример ТСС с базовой деталью приведен на рис.2.8. На схемах каждый элемент обозначают прямоугольником, разделенным на три части. В верхней части прямоугольника приводят наименование элемента, в левой нижней части – его числовой индекс, а в правой нижней – число элементов, входящих в данное соединение. Индексацию элементов производят в соответствии с номерами,

проставленными на сборочных чертежах и в спецификациях. Перед числовым индексом составной части изделия ставят буквы сб. (сборка).

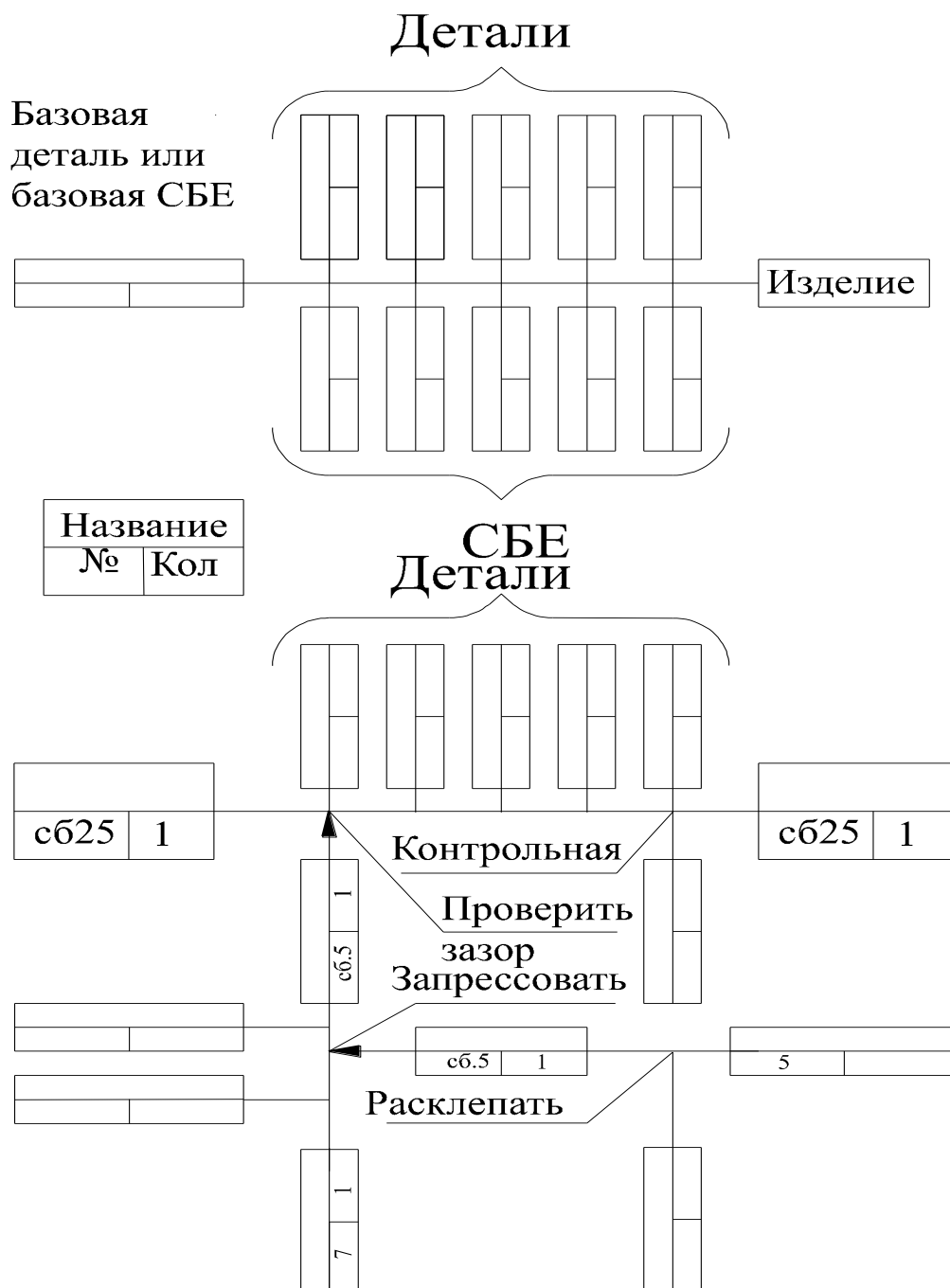


Рисунок 2.8 – Технологические схемы сборки:
а – общей сборки; б – узловой сборки

Элемент, с которого начинают сборку изделия (СБЕ), называют базовым. По его номеру ставят числовой индекс составной части, в которую он входит.

Процесс общей сборки изображают на схеме горизонтальной линией. Ее проводят в направлении от базового элемента изделия к собранному объек-

ту. Сверху располагают в порядке последовательности сборки условные обозначения всех непосредственно входящих в изделие (СБЕ) деталей, а снизу – всех непосредственно входящих в изделие составных частей (СБЕ). На ТСС узловой и общей сборки дают надписи – сноски, поясняющие характер сборочных работ (запрессовку, пайку, регулирование, контроль и т.д.), когда они не ясны из схемы. Дополнительные записи на ТСС делают ее технологической.

При построении ТСС вначале составляют схему общей сборки, а затем схемы узловой сборки (параллельно).

При общей сборке сложных изделий элементы ТСС снабжают сборочными и монтажными чертежами.

Преимуществом ТСС с базовым элементом является четкое выделение базовых и базируемых на них элементов. К недостаткам относится отсутствие наглядности в делении ступеней сборки.

Пример технологической схемы веерного типа сборки изделия из шести деталей приведен на рис. 2.9.

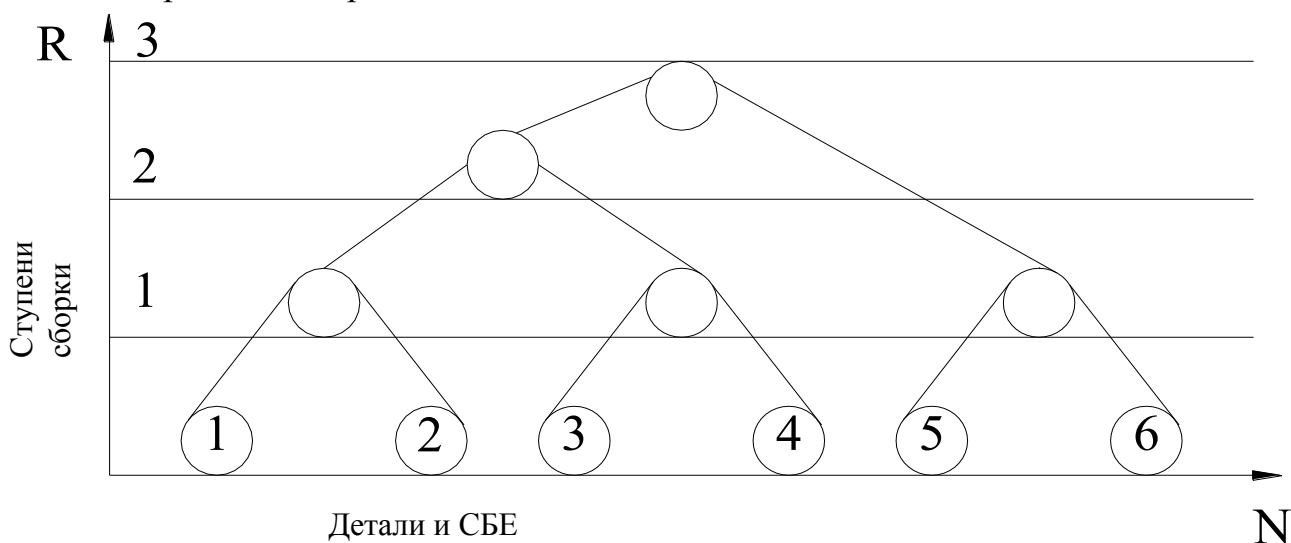


Рисунок 2.9 – Технологическая схема сборки веерного типа

На ТСС (см. рис.2.9) в вершинах графа изображены детали или СБЕ, а в ребрах – сборочные операции (переходы).

На первом уровне располагают детали и СБЕ в последовательности их сборки на первой ступени. Особенностью построения ТСС веерного типа является то, что число деталей, присоединяемых к детали данной ступени сборки, необходимой для создания СБЕ более сложного порядка, равно единице.

Прежде чем построить ТСС веерного типа, рекомендуется [10] построить граф структуры изделия, выявить наличие в ней СБЕ разных порядков. Это позволит установить целесообразность параллельной, последовательной и смешанной сборки.

Задачу построения ТСС веерного типа или ТСС с базовой деталью упрощают данные о разбивке изделия на СБЕ (например, табл.2.4).

К преимуществу ТСС веерного типа следует отнести четкое выделение количества ступеней сборки, что облегчает задачу разработки календарных планов-графиков сборки, к недостаткам – отсутствие наглядности базовых и базируемых на них элементов.

На рис. 2.10 дан пример ТСС червячного редуктора (см. рис.2.6, *а*) с базовой деталью. За основу построения ТСС приняты результаты (табл.2.4) разбивки редуктора на составные части.

На ТСС общей и узловой сборки даны сноски, поясняющие характер сборочных работ, место регулировочных и контрольных операций.

Из схемы видно, что смещение $\pm f_{x_r}$ средней плоскости венца червячной передачи регулируют при установке в редуктор сб.28.

Рассмотрим подробнее регулирование смещения $\pm f_{x_r}$ ($P\Delta$) при установке крышки (поз.28). Работа по регулированию смещения средней плоскости венца червячного колеса относительно оси вращения червяка предусматривает выполнение следующих технологических переходов (приемов):

1) Установить фланцевую глухую крышку (поз.28) совместно с наружным кольцом подшипника (поз.10) без прокладок (рис.2.11) в корпус редуктора. При этом левый подшипник 10 не должен быть зажат крышкой (поз.9).

2) Из-под крышки 28, в которую упирается торец наружного кольца подшипника 10, удалены все прокладки 29, а винты 11, крепящие крышку, зажимают до такого состояния, когда червячное колесо (сб.5, см. рис.2.6, *а*) перестанет вращаться при вращении червяка 4 (см. рис.2.6, *а*). При этом пятно контакта в червячной передаче сместится вправо относительно плоскости симметрии колеса (см. рис.2.6, *з*). В таком положении замеряют величину Δ щели между фланцем крышки 28 и торцом корпуса 1 и 2 в сборе. Если к полученному размеру прибавить величину смещения f_x , то сумма будет составлять общую толщину прокладок 29, которые необходимо подложить под крышку 28 для обеспечения требуемого смещения средней плоскости венца червячной передачи.

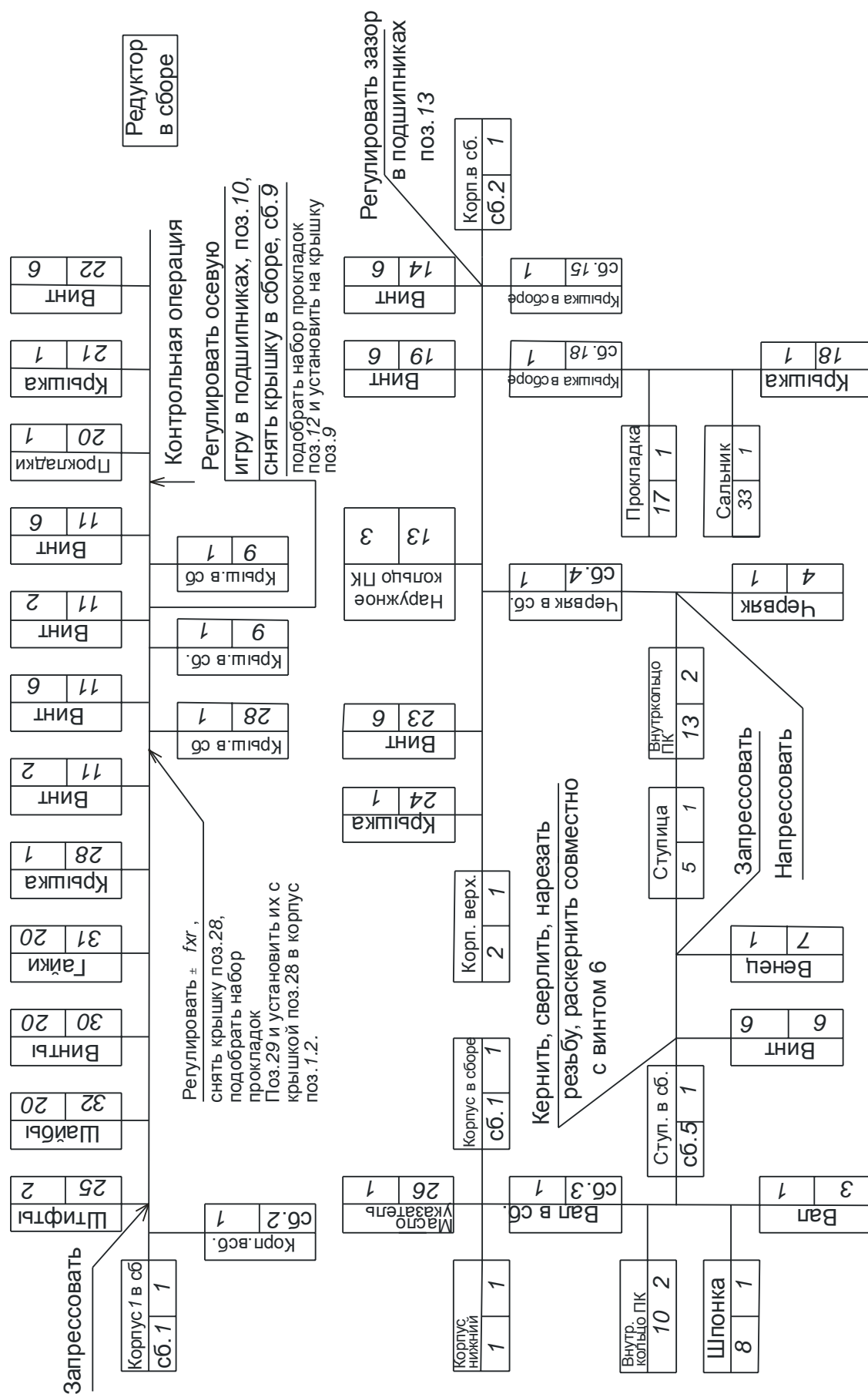


Рисунок 2.10 - Технологическая схема сборки червячного редуктора с базовой деталью

- 3) Снять крышку 28, предварительно раскрепив ее винтами 11.
- 4) Одеть на цилиндрическую часть фланцевой крышки 28 набор прокладок 29 с толщиной, определенной на этапе 2.
- 5) Установить крышку 28 совместно с прокладками 29 затянуть винты 11 до упора.

Окончательный контроль точности регулирования смещения средней плоскости венца червячной передачи может быть выполнен путем измерения отпечатков на зубьях червячного колеса при проверке зацепления на краску (см.. рис. 2.6, *з*).

Осевой зазор в подшипниках 10 (замыкающее звено $H\Delta$) и в подшипниках 13 (замыкающее звено $B\Delta$) регулируют аналогично выше рассмотренной последовательности, например при регулировании зазора в подшипниках 13:

- 1) устанавливают крышку 18 и совместно с прокладкой 17 расчетной толщины и закрепляют до отказа винтами 19. При этом крышка 15 не привинчена винтами 14;

- 2) устанавливают крышку 15 без прокладок 16, а винты 14 затягивают до нулевого осевого зазора в подшипниках качения 13. В таком положении замеряют величину Δ зазора между фланцем крышки 15 и торцом корпуса 2;

- 3) рассчитывают требуемую толщину набора прокладок как сумму зазора Δ и осевого зазора C , предписанного нормой;

- 4) крышку 15 снимают отвинчиванием винтов 14, на крышку надевают набор прокладок (п.3) и эту СБЕ устанавливают в корпус 2, а затем затягивают до отказа винтами 14.

Рассмотрим пример построения ТСС веерного типа червячного редуктора (см. рис. 2.6, *а*). При построении ТСС воспользуемся результатами разбивки редуктора на СБЕ (табл. 2.4), чертежом редуктора (см. рис. 2.6, *а*) и методами сборки, заложенными в конструкции изделия.

В первом ряду (рис. 2.11) расположим детали в последовательности их установки в изделие на первом этапе общей сборки. Сборку начинаем с детали 1 (нижний корпус редуктора).

В корпус входит маслоуказатель и сборочная единица 3, в которую входят детали 8, 10 и СБЕ 5. Затем располагаем детали, входящие в верхний корпус 2. В корпус 2 входят детали 24, 23, СБЕ 4, наружные кольца конического подшипника качения 13, СБЕ 18 и СБЕ 15.

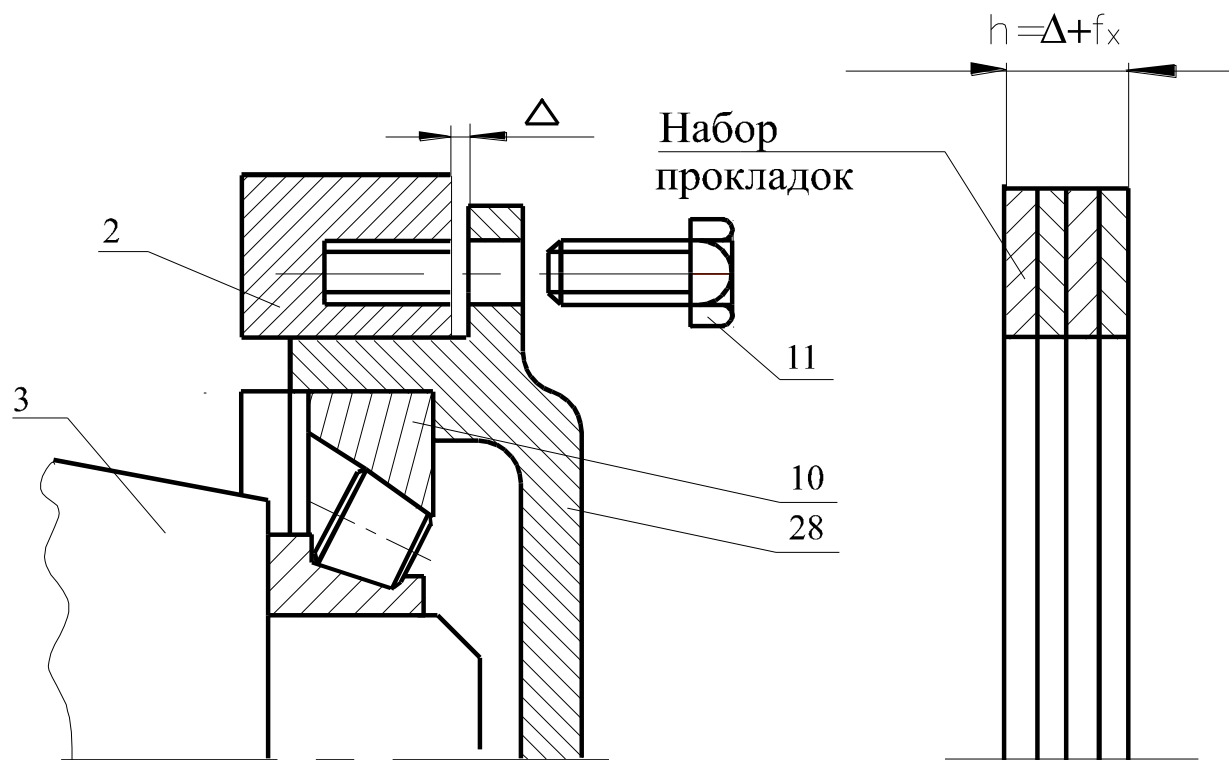


Рисунок 2.11 – Узел регулирования величины смещения средней плоскости червячного колеса относительно оси вращения червяка

На следующем этапе располагаем детали, фиксирующие и скрепляющие корпуса 1 и 2 в сборе: 25; 30; 32 и 31. Сборка редуктора заканчивается установкой деталей СБЕ 28 и СБЕ 9 с последующей регулировкой величины смещения средней плоскости венца червячной передачи ($\pm f_x$) и величины осевого зазора в подшипниках 10. После заливки масла устанавливаем детали 20, 21 и 22 венца червячного колеса

При построении ТСС веерного типа (см. рис. 2.11) выполняем два требования:

1 Число деталей, присоединяемых к детали данной ступени сборки при создании более укрупненной СБЕ, равно единице;

2 Должна обеспечиваться последовательность вхождения деталей и СБЕ в изделие при максимально параллельной сборке редуктора.

После построения ТСС всерного типа червячного редуктора она имеет вид, приведенный на (рис. 2.12).

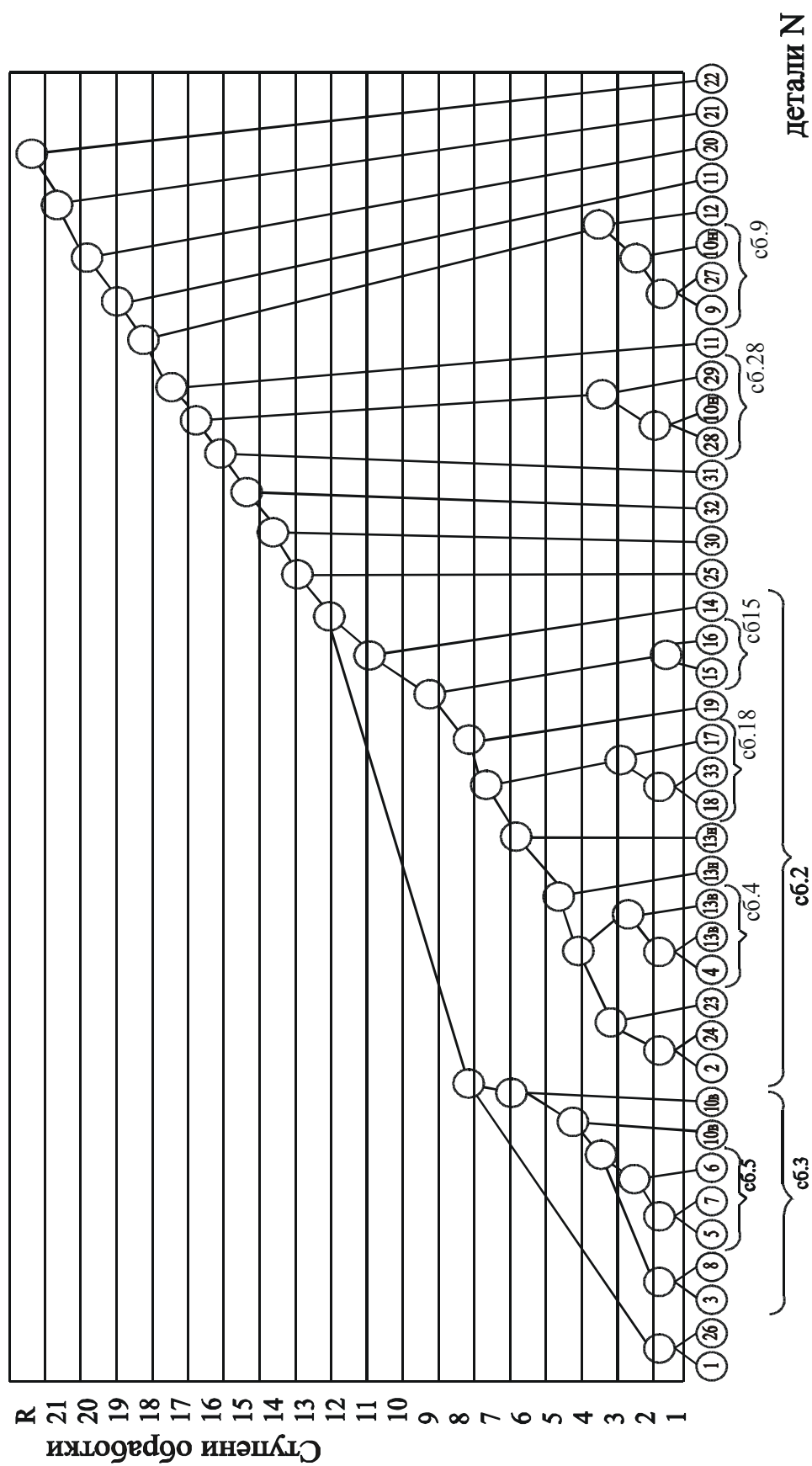


Рисунок 2.12 - Граф ТСС вверного типа червячного редуктора (см. рис. 2.6, а)

Из анализа ТСС можно сделать вывод о том, что конструкция червячного редуктора (см. рис. 2.6, а) не является совершенной с точки зрения обеспечения максимально параллельной сборки. После второй ступени сборки параллельность сборки резко снижается. Редуктор можно собрать за 22 ступени сборки. Зная число ступеней сборки $R_{\text{факт}} = 22$, можно рассчитать коэффициент α для оценки прогрессивности конструкции червячного редуктора с точки зрения его сборки по формуле [10]:

$$\alpha = \frac{2(R_{\text{факт}} - R_{\text{теор}})}{N},$$

где, $R_{\text{теор}} = \log_2 N + 1 = \log_2 33 = 4 + 1 + 1 = 6$ – теоретическое количество ступеней сборки.

Тогда

$$\alpha = \frac{2(22 - 6)}{33} = \frac{2 \cdot 16}{33} = 0,97.$$

В соответствии с данными (табл. 10, приложение А) устанавливаем, что конструкция червячного редуктора (см. рис. 2.6, а) имеет среднюю прогрессивность

2.3.8 Дифференциация и концентрация ТПС

Проектирование ТПС сопровождается разрешением двух диаметрально противоположных задач: концентрация и дифференциация процесса сборки.

Концентрация процесса – это объединение ряда мелких элементов процесса для их комплексного выполнения. При высокой концентрации сборочных операций изделие полностью собирается на одном рабочем месте с начала до конца одним рабочим или одной бригадой сборщиков. Принцип концентрации операций применяется при стационарной сборке в единичном производстве. Вместе с тем, бригадный метод чаще всего применяемый при сборке крупногабаритных и сложных изделий, является первым шагом на пути к дифференциации сборочных работ, так как внутри бригады уже имеет место некоторое разделение рабочих по основным видам выполняемых сборочных операций.

Дифференциация процесса – это расчленение процесса сборки на элементы для их последующего выполнения на одном или нескольких рабочих местах. Этот метод сборки позволяет собрать изделие из отдельных СБЕ, предварительно собранных на других рабочих местах вне

стенда общей сборки. *Дифференциация* – это путь к организации параллельной сборки и сборки изделия на потоке, к специализации рабочих–сборщиков. *Степень дифференциации* предопределяется в основном типом производства: в среднесерийном производстве ТПС расчленяется на комплексные операции с большим оперативным временем по числу собираемых объектов; в крупносерийном – ТПС расчленяется на операции, а в массовом на простейшие операции и технологические переходы. При этом продолжительность операций должна быть равной или кратной такту сборки.

Степень концентрации и дифференциации ТПС влияет на цикл сборки, длину сборочных линий, характер и количество сборочного оборудования (см. рис. 2.5), продолжительность сборки (см. рис. 2.2), технико-экономические и другие показатели сборочного производства.

Принцип дифференциации сборочного процесса на отдельные операции применяется при поточной стационарной или подвижной сборке. Расчленение процесса сборки на отдельные операции при поточной сборке предполагает одинаковую или кратную по времени продолжительность операций, чтобы синхронизировать операции и обеспечить непрерывность потока собираемых изделий.

При неподвижной поточной сборке ТПС расчленяется на сравнительно трудоемкие и длительные операции: длительность должна быть равна или кратна продолжительности рабочего дня. Это дает возможность рабочим приступать к выполнению своей операции на следующем стенде с начала смены или после обеденного перерыва.

От степени концентрации и дифференциации процесса сборки зависит степень углубленности описания ТПС (ГОСТ 3.1109-82):

Маршрутное описание – сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте (МК) в последовательности их выполнения без указания переходов;

Операционное описание – полное описание всех технологических операций с указанием переходов и режимов в операционной карте (ОК) или в карте технологического процесса (КТП);

Маршрутно операционное описание– сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

В маршрутном описании технологии сборки изделия дается перечисление в требуемой последовательности, комплексов сборочных работ. Сборка изделия производится по чертежу и по маршрутной технологии рабочими –

сборщиками высокой квалификации. При этом, порядок выполнения этапов сборки выбирают сборщики и они же определяют наиболее рациональные приемы сборочных работ.

При операционном описании последовательность этапов сборки приемы сборочных работ, особенности выполнения отдельных переходов определяет технолог при разработке ТПС. Поэтому ТПС делается более детализированным. Технолог приводит в технологических документах информацию об оборудовании, оснастке и инструменте с указанием нормативно – технических документов, по которым изготавливаются или выбираются технические средства сборки.

Маршрут сборки крупногабаритных и сложных изделий дополняется технологическими схемами общей и узловой сборки, на которых даются пояснения об особенностях сборки деталей или СБЕ.

2.3.9 Разработка маршрута сборки

Маршрут обработки представляет план сборки и определяет последовательность прохождения собираемого изделия по цехам или участкам предприятия.

При разработке маршрута сборки учитывают, прежде всего, тип производства.

В единичном и мелкосерийном производстве выделяют не отдельные операции, а комплекс сборочных работ (группы операций) в требуемой последовательности, например сборка укрупненных узлов, изделия в целом, их испытание.

В среднесерийном производстве имеет место бóльшая дифференциация ТПС. Содержание операции устанавливают таким образом, чтобы на отдельных рабочих местах выполнялась узловая сборка данного или других соединений изделий партиями, которые периодически заменяются и обеспечивают достаточно высокую загрузку рабочих мест.

В случае массового производства содержание операций должно быть таким, чтобы их продолжительность была равна (лучше немного меньше) или должна быть кратной такту. Выполняемая работа должна быть однородной по характеру и законченной по форме.

Выделяя отдельные операции ТПС необходимо исходить из того, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась по возможности однородная по своему характеру работа, то будет способствовать специализации сборщиков. Кроме того, работа, выполняемая на каждой операции, должна иметь определенную технологическую законченность.

На первом этапе разработки маршрута сборки за сборочные операции можно принять сборку отдельных СБЕ (табл. 2.5), являющихся составными частями изделия. Это позволит организовать на участке параллельную, независимую сборку отдельных СБЕ на различных рабочих местах.

При последующей проработке содержания, объема и вида вспомогательных, слесарных, слесарно-сборочных и контрольных работ по каждой первоначально принятой операции может возникнуть необходимость укрупнения малых по объему и однотипных по содержанию операций для комплексного их выполнения или дифференциации сложных и громоздких операций в более простые для выполнения их на одном или нескольких рабочих местах.

В маршруте сборки целесообразно предусмотреть комплектовочную операцию для проверки наличия составных частей изделия по комплектовочной карте и наличия клейм ОТК.

В тех случаях, когда базовая деталь перед сборкой нуждается в ее подготовке к началу сборки, предусматривают слесарную операцию. Например, корпус червячного редуктора (см. рис.2.6, а) поступает на сборку в собранном состоянии. Поэтому предусматривают слесарную операцию для разборки составного корпуса редуктора, очистки полостей корпуса от стружки после механической обработки, зачистки кромок корпуса, смазки плоскостей разъема и т.п..

В (табл. 2.6) дан пример маршрута сборки червячного редуктора.

Таблица 2.6 – План операций (маршрут) сборки червячного редуктора (см. рис 2.6, а)

Операция			Номера деталей и СБЕ	
Номер	Наименование	Шифр	Базовых	Присоединяемых
005	Комплектовочная	0481		По комплектовочной ведомости
010	Слесарная	0108		Разборка корпусов 1 и 2
015	Сборка червячного колеса	8800	5	6,7
020	Сборка вала червячного колеса	8800	3	8, сб.5, 10в (2 шт.)
025	Сборка червяка	8800	4	13в (2 шт.)
030	Сборка крышек	8800	18	33, 17,
			9	27, 10н
			28	10н
035	Сборка верхнего корпуса	8800	2	Сб.4, 13н (2 шт.), сб.18, 19, 14, 15, 16, 24, 23.
040	Сборка нижнего корпуса	8800	1	26, сб.3
045	Сборка редуктора	8800	Сб.1	Сб.2, сб.28, 29, 11, сб.9, 12, 11, 25, 32, 30, 31, 20, 21, 22, 26.

2.3.10 Проектирование отдельных сборочных операций

При проектировании операций устанавливают виды вспомогательных, слесарных, слесарно-сборочных и контрольных работ, связанных со сборкой составных частей изделия на рассматриваемой операции. На основании анализа видов работ, выполняемых на рассматриваемой сборочной операции, устанавливают технологические переходы, приемы и выбирают средства перемещения объекта сборки, оборудование, приспособления, инструмент и средства технологического контроля и испытания. Детальная проработка сборочных операций позволяет выполнить техническое нормирование сборочных работ.

При проектировании слесарно-сборочных операций рекомендуется выполнить следующие виды работ:

- 1) изучить вес деталей, СБЕ и изделия в целом и назначить средства перемещения составных частей изделия на узловой и общей сборке;
- 2) определить содержание, характеристику и последовательность соединения отдельных деталей, СБЕ и их поверхностей, а при необходимости – технологические режимы сборки;
- 3) составить список технологических переходов на рассматриваемой операции и по каждому переходу назначить оборудование, приспособление и инструмент. Последовательность выполнения технологических переходов должна быть такой, чтобы избежать промежуточной разборки;
- 4) выявить контрольные работы на узловой и общей сборке и выбрать средства технического контроля;
- 5) определить техническую норму времени по всем технологическим переходам;
- 6) установить классификацию рабочих (разрядность).

После проработки операций выполняют укрупненный анализ по следующим вопросам:

- 1) Рациональна ли последовательность выполнения переходов?
- 2) Является ли однородной работа на каждой операции?
- 3) Является ли однородным оборудование на каждой операции и можно ли его разместить на одном рабочем месте?
- 4) Является ли одинаковой или кратной во времени трудоемкость работ на каждой операции?
- 5) Является ли сборочная работа технологически законченной на каждой операции?
- 6) Какие операции нужно соединить или расчленить, упростить, выделить из них части в самостоятельную работу?

Пример ТПС червячного редуктора (рис. 2.6, а) приведен в (табл. 2.7).

Таблица 2.7 – ТПС червячного редуктора (см. рис.2.6, а)

Номер Опера- ция	Переход	Наименование технологической операции и содержание работ
005		Комплектовочная
	1	Проверить наличие составных частей редуктора по комплектовочной карте и наличие клейм ОТК
	2	Подготовить детали и покупные СБЕ к сборке и проверить их на отсутствие заусенцев, забоин, ржавчины и других дефектов (замеченные дефекты удалить)
	3	Посадочные поверхности протереть ветошью и смазать индустриальным маслом
010		Слесарная
	1	Установить корпус(поз. 1, 2) в сборе на стеллаж
	2	Отвернуть болты (гайки) (поз. 30, 31), соединяющие нижний корпус (поз. 1) с верхним корпусом (поз. 2)
	3	Выпрессовать штифты специальные (поз. 25, 2 шт.) из корпуса (поз. 1, 2)
	4	Снять верхнюю половину корпуса (поз. 2) и установить рядом на стеллаж, и замаркировать.
	5	Срубить литые наплавы и заусенцы, зачистить и притупить кромки
	6	Удалить из полостей корпуса (поз. 1, 2) стружку и прочее, продувая сухим сжатым воздухом, красить полости
015		Сборка червячного колеса
	1	Установить ступицу (поз. 5) в приспособление прессы
	2	Нагреть зубчатый венец (поз. 2) в масляной ванне до температуры 80°
	3	Установить наложением зубчатый венец (поз. 7) на ступицу (поз. 5) с совмещением посадочных отверстий и запрессовать сопрягаемые детали заподлицо
	4	Снять собранный узел с приспособления для сборки и уложить в тару
	5	Разметить и кернить углубления для резьбовых отверстий (8 шт.) на ступице (поз. 5) со смещением 1-2 мм относительно диаметра посадочной поверхности в сторону оси соединения (ступицы)
	6	Сверлить 8 отв. диаметром 6,5 мм под резьбу М8 в ступице (поз. 5) и зубчатом венце (поз. 17) совместно
	7	Нарезать резьбу М8 глубиной 14 мм в отверстиях (8шт.) деталей (поз. 5, 7) совместно
	8	Ввернуть стопоры (поз. 6, 8 шт.) в резьбовые отверстия заподлицо с торцом ступицы (поз. 5) и червячного колеса (поз. 7)
	9	Раскернить стопоры (поз.6, 8 шт.) в двух местах
	10	Снять собранный узел (поз. 6, 7) из приспособления (стеллажа) и уложить в тару
020		Сборка вала червячного колеса
	1	Установить вал (поз. 3) в приспособление

	2	Установить шпонку (поз. 8) в паз вала (поз. 3) и посадить шпонку до упора
	3	Снять собранный узел с приспособления и уложить в тару
	4	Установить внутреннее кольцо подшипника (поз. 10) в подставку пресса
	5	Установить в кольцо подшипника (поз. 10) вал (поз. 3), направить и запрессовать
	6	Снять собранный узел и уложить в тару
	7	Нагреть узел червячного колеса в сборе (поз. 5, 6, 7) в масляной ванне до температуры 80°
	8	Установить червячное колесо в сборе в подставку пресса
	9	Установить вал (поз. 3) в отверстие ступицы (поз. 5), совместить шпонку (поз. 8) со шпоночным пазом в ступице (поз. 5) направить и запрессовать до упора
	10	Снять с пресса вал (поз.3) в сборе и уложить в тару
	11	Повторить переходы 4, 5, 6 для установки внутреннего кольца подшипника (поз.10) на вал (поз.3)

Продолжение таблицы 2.7

Номер		Наименование технологической операции и содержание работ
Операция	Переход	
025		Сборка червяка
	1	Установить в подставку пресса внутреннее кольцо подшипника (поз. 13)
	2	Вставить в отверстие внутреннего кольца подшипника (поз. 13) червяк (поз. 4), направить и запрессовать до упора
	3	Повторить переходы 1, 2 для установки внутреннего кольца подшипника (поз. 13) на червяк (поз. 4)
	4	Снять собранный узел и уложить в тару
	5	Контроль исполнителем
030		Сборка крышек
	1	Установить уплотнение (поз.33, 2 шт.) в выточку крышки (поз. 18) и обжать кольцо по всему диаметру для плотного прилегания.
	2	Установить уплотнительную прокладку (поз. 17) на крышку (поз. 18)
	3	Снять с верстака собранный узел из деталей 18, 33, 17 и уложить в тару
	4	Вставить наружное кольцо подшипника (поз. 10) в отверстие крышки (поз. 28) и продвинуть его до упора
	5	Уложить собранный узел в тару
	6	Установить уплотнение (поз. 28, 3 шт.) в выточку крышки (поз. 9) и обжать кольцо по всему диаметру для плотного прилегания
	7	Вставить наружное кольцо подшипника (поз. 10) в отверстие

		крышки (поз. 9) и продвинуть его до упора
	8	Снять с верстака собранный узел и уложить его в тару
	9	Контроль исполнителем
035	Сборка верхнего корпуса	
	1	Установить корпус (поз. 2) (верхняя половина) боковой стороной на стеллаж
	2	Установить в отверстие корпуса (поз. 2) собранный узел червяка (поз. 4)
	3	Установить в отверстие корпуса (поз. 2) наружное кольцо подшипника (поз. 13) до упора
	4	Повторить переход 3 для другого подшипника (поз. 13)
	5	Установить в отверстие корпуса (поз. 2) крышку 18 в сборе (поз. 18, 33, 17) до упора и закрепить ее винтами (поз. 19, 14 шт.)
	6	Установить в отверстие корпуса (поз. 2) крышку (поз. 15) без прокладок (поз. 16) до упора и закрепить двумя болтами (поз. 14) до отказа, когда зазор в подшипнике (поз. 14) будет равным нулю
	7	Измерить щупом зазор между фланцем крышки (поз. 15) и торцом корпуса (поз. 2)
	8	Подобрать набор прокладок (поз. 16), толщиной в соответствии с техническими требованиями
	9	Снять крышку (поз. 15), отвинтив два винта (поз. 14)
	10	Установить крышку (поз. 15) совместно с набором прокладок, установленным в переходе 8 и закрепить крышку винтами (поз. 14, 4 шт.)
	11	Контролировать плавность вращения червяка в сборе (поз. 4) на отсутствие натяга или чрезмерного зазора
	12	Контроль исполнителем
	13	Установить крышку (поз. 21, 2 шт.) с совмещением отверстий и закрепить ее винтами (поз. 23, 8 шт.)
040	Сборка нижнего корпуса	
	1	Установить на стеллаж нижний корпус (поз. 10) для сборки редуктора
	2	Установить вал (поз. 3) в сборе в открытые гнезда подшипников корпуса (поз. 1)

Продолжение таблицы 2.7

Номер		Наименование технологической операции и содержание работ
Операция	Переход	
045	Сборка редуктора	

	1	Установить корпус (поз. 2) в сборе на плоскость разъема корпуса (поз. 1) простым наложением, с совмещением отверстий
	2	Заштифтовать корпуса (поз. 1, 2) двумя штифтами (поз. 25)
	3	Закрепить корпуса (поз. 1,2) по разъему болтами (поз. 30, 20 шт.), гайками (поз. 31, 20 шт.) и шайбами (поз. 32, 20 шт.)
	4	Застопорить болты (поз. 30) от самоотвинчивания с помощью специальной проволоки
	5	Установить крышку (поз. 9) в сборе без прокладок (поз. 12) на вал (поз. 3) и в отверстие корпусов (поз. 1, 2) до упора
	6	Установить крышку (поз. 28) в сборе без прокладок (поз. 29) и закрепить до отказа болтами (поз. 11, 2 шт.)
	7	Измерить зазор между фланцем крышки (поз. 28) и торцом корпусов (поз. 1,2) и подобрать набор прокладок (поз. 29) требуемой техническими условиями толщины на сборку редуктора
	8	Снять крышку (поз. 28), отвинтив болты (поз. 11, 2 шт.)
	9	Установить крышку (поз. 28) в отверстие корпусов (поз. 1, 2) совместно с набором прокладок (переход 7) и затянуть ее до отказа болтами (поз. 11, 4 шт.)
	10	Контролировать плавность вращения червячной передачи
	11	Закрепить крышку (поз. 9) двумя болтами (поз. 11) до упора
	12	Измерить щупом зазор между фланцем крышки (поз. 9) и торцом корпуса (поз. 1, 2)
	13	Подобрать набор прокладок (поз. 12), толщиной, равной зазору, измеренному на переходе 11, и с учетом допускаемой осевой игры в конических роликоподшипниках (поз. 10) в технических требованиях на сборку редуктора
	14	Снять крышку в сборе (поз. 9), отвинтив болты (поз. 11, 2 шт.)
	15	Установить крышку в сборе (поз. 9) на вал (поз. 3) и в отверстие корпуса (поз. 1, 2) совместно с набором прокладок (переход 2) и закрепить ее болтами (поз. 11, 4 шт.) до отказа
	16	Проверить кинематическое взаимодействие червяка и червячного колеса
	17	Заполнить полость редуктора смазкой с контролем по указателю масла (поз. 26)
	18	Установить крышку люка (поз. 21) совместно с прокладкой (поз. 20) с простым совмещением отверстий вручную и закрепить болтами (поз. 22, 6 шт.)
	19	Контроль исполнителем
	20	Клеймить редуктор согласно п... технических условий чертежа

2.3.11 Подготовка технологической документации процесса сборки

ТПС оформляется в текстовых и графических технологических документах, регламентированных стандартами Единой системы технологической документации (ЕСТД). Для описания ТПС согласно ГОСТ 3.1102-81 и ГОСТ 3.1407-86 применяют следующие документы (ГОСТ 3.1102-81):

- Документы специального назначения

титульный лист (ТЛ);
карта эскизов (КЭ);
технологическая инструкция (ТИ).

- Документы специального назначения:
























маршрутная карта (МК);
карта технологического процесса (КТП);
карта типового (группового) технологического процесса (КТПП);
карта операционная (КО);
карта типовой (групповой) операции (КТО);
комплектующая карта (КК);
карта наладки (КН);

ведомость деталей (СБЕ) к типовому (групповому) технологическому процессу (ВТП (ВТО)).

Комплектность документов устанавливается разработчиком в зависимости от типа производства, стадии разработки технологических документов и степени описания ТПС (табл. 2.8).

В учебной документации применяются главным образом ТЛ, МК и ОК, а также для иллюстрации последовательности сборочного процесса – ТСС.

Таблица 2.8 – Комплектность документов

Тип производства	ТЛ	МК	КТП	ВО	КК	КТП	ВОП	ОК	КЭ
Единичное, мелкосерийное	1) 	А) 							
Опытного образца	2) 								
Серийное, крупносерийное									
Среднесерийное, крупносерийное		Б) 							

Примечание: А – без указания технологических переходов и режимов сборки; Б – содержит данные о технологических переходах. МК – составная и неотъемлемая часть комплекта технологических документов, разрабатываемых на ТПС изделия и его составных частей.

При маршрутном и маршрутно-операционном описании ТПС МК является одним из основных документов, на котором описывается весь ТПС в технологической последовательности выполнения слесарно-сборочных операций (пример оформления МК – приложение Б).

ОК – документ, предназначенный для описания ТПС с указанием последовательности выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных ТПС. Пример заполнения ОК см. [19, с. 56, 57].

При оформлении технологических документов рекомендуется применять следующие формы стандартных бланков (табл.2.9).

Таблица 2.9 – Формы стандартных бланков

Вид технологического документа	Форма	Стандарт, устанавливающий форму документа
ТЛ	Ф.2	ГОСТ 3.1104-84
МК	Ф.2(первый лист) Ф.1а(последующие листы)	ГОСТ 3.1118-82
ОК	Ф.1(первый лист) Ф.1а(последующие листы)	ГОСТ 3.1407-86

2.4. Технологические методы сборки и их особенности

В процессе сборки элементы изделия образуют различные виды соединений (табл.1.1), каждое из которых может быть получено одним из известных технологических методов на слесарно-сборочных операциях, приведенных в (табл. 1, приложение Б). Выбор технологических методов зависит от вида образуемого соединения, метода достижения точности и задач, решаемых при сборке. Например, в единичном и мелкосерийном производстве достижение точности связано с применением таких технологических методов, как опилование, зачистка, шабрение, притирка, полирование и обработка отверстий по месту.

Наиболее распространенными технологическими методами получения неподвижных, неразъемных соединений являются запрессовка с гарантированным натягом, сварка (ГОСТ 2601-74), пайка (ГОСТ 17325-74), склеивание и клепка (ГОСТ 3.1109-73) и развальцовка.

По способу получения нормальных напряжений на сопрягаемых поверхностях соединения с гарантированным натягом условно делят на поперечно-прессовые и продольно-прессовые.

Поперечно-прессовые соединения можно получить одним из следующих способов:

нагреванием охватывающей детали перед сборкой;

охлаждением охватываемой детали;

путем пластической деформации, например, развальцовки.

Продольно-прессовые соединения получают путем запрессовывания или напрессовывания детали, например под прессом. При запрессовывании охватываемая деталь (вал) под давлением пресса вводится в отверстие охватывающей детали (втулка, шкив, зубчатое колесо, зубчатый венец). При напрессовывании, наоборот, охватывающая деталь (втулка) насаживается своим отверстием на вал. В продольно-прессовом соединении на сопрягаемых поверхностях возникают значительные нормальные явления и силы трения, обеспечивающие требуемую относительную неподвижность деталей.

Способность продольно-прессовых соединений обеспечивать проектную прочность соединения зависит от величины натяга.

Расчет функционального натяга и силы, необходимой для осуществления продольно-прессового соединения, основан на определении допускаемых удельных давлений в поверхностном слое вала и втулки [20, с. 222-231], [32, с. 222–228] или [18, с. 13–17].

Сборку с нагревом охватывающей детали применяют при создании тяжело нагруженных соединений, например ступица – венец червячного колеса. Прочность тепловых посадок при передаче крутящего момента в 2–3 раза больше прочности обычных посадок $\frac{H}{r}; \frac{H}{s}$. Это связано с тем, что при тепловых посадках микронеровности сопрягаемых поверхностей не сглаживаются, повышая коэффициент внешнего трения. Кроме того, процесс сборки удешевляется, так как отпадает надобность в тяжелых прессах.

Расчет температуры нагрева охватывающей детали определяют из условия, что величина натяга $N_{\text{расч.}}$ будет меньше произведения $K_{\alpha} t_{\text{н}} d$, где K_{α} – коэффициент линейного расширения материала детали втулки (венца); $t_{\text{н}}$ – температура нагрева; d – номинальный диаметр соединения.

Для облегчения свободной установки охватывающей детали на охватываемую деталь (вал, ступица и т.п.) втулка (зубчатый венец, внутреннее кольцо подшипника и т.п.) должна быть нагрета до температуры, °C

$$t_{\text{н}} = \frac{N_{\text{расч.}} + \Delta}{K_{\alpha} d} \cdot k_0 + t_0,$$

где $N_{\text{расч}}$ – расчетный натяг посадки по сопрягаемым поверхностям, мм;
 Δ – сборочный зазор при посадке втулки на вал, мм;
 d – номинальный диаметр по сопрягаемым поверхностям, мм;
 K_α – коэффициент линейного расширения материала, охватывающей детали [20, с.207];
 t_0 – температура окружающей среды, °С;
 k_0 – коэффициент, учитывающий компенсацию снижения температуры нагрева детали в процессе ее установки перед запрессовкой. Он принимается в пределах от 1,15 до 1,30.

Особенность расчета температуры нагрева при сборке с нагревом охватывающей детали приведена в работах [8, с. 85–87, с. 125–126], [20, с. 205–209], [27, с. 28–31].

Рассмотрим примеры расчета силы запрессовки при образовании продольно-прессовых соединений и температуры нагрева при сборке с нагревом охватывающих деталей червячного редуктора (рис. 2.6, а).

Расчет предполагает построение и анализ схем расположения полей допусков сопрягаемых деталей (рис. 2.13).

Венец червячного колеса соединяется со ступицей по посадке с натягом $\varnothing 190 \frac{H7}{s6}$, которая характеризуется следующими натягами: $N_{\text{min}} = 76 \text{ мкм}$; $N_{\text{ср}} = 113,5 \text{ мкм}$; $N_{\text{max}} = 151 \text{ мкм}$ (рис. 2.13, а).

Наибольшая сила запрессовки $P_{\text{зап}}$ кгс, необходимая для сборки продольно-прессового соединения с гарантированным натягом определяется по формуле, кгс

$$P_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{max}} \pi l f_{\text{зап}} 10^{-3}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} = \frac{N_{\text{max}} 3,14 l f_{\text{зап}} 10^{-3} E_1 E_2 10^4}{C_1 E_2 + C_2 E_1},$$

где N_{max} – наибольший натяг в мкм;

l – длина сопрягаемых поверхностей, равная 65 мм;

$f_{\text{зап}}$ – 0,10- коэффициент трения при запрессовке (сталь- бронза);

C_1 и C_2 – постоянные коэффициенты, зависящие от размеров сопрягаемых поверхностей и материала деталей (табл. 12, приложение А).

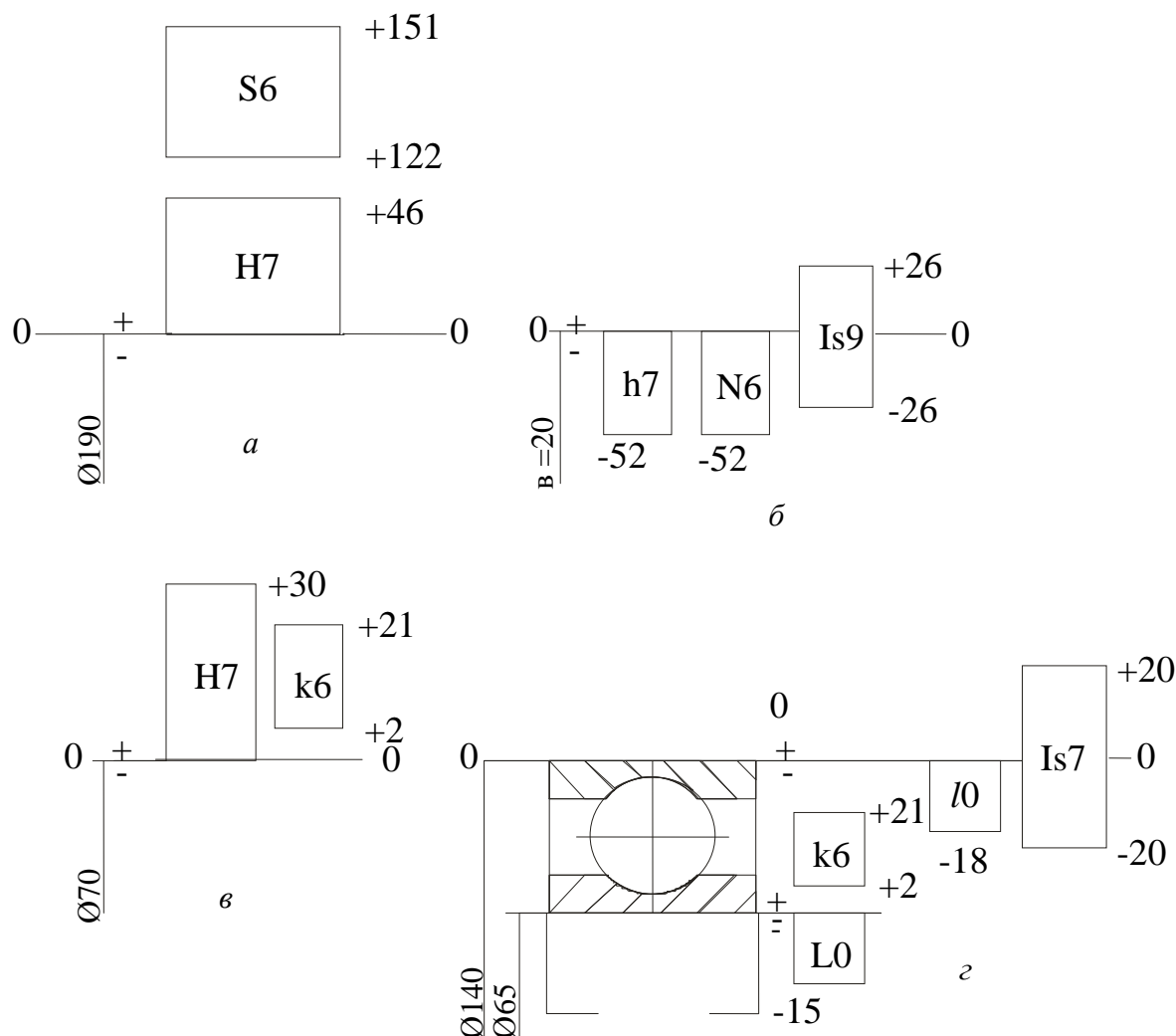


Рисунок 2.13 – Схемы расположения полей допусков по сопрягаемым поверхностям деталей червячного редуктора:

а- при установке венца червячного колеса на ступицу ; б- при установке шпонки (поз. 8) в паз ступицы (поз. 5); в- при установке червячного колеса в сборе на вал (поз. 3); г- при установке подшипника поз. 10 на вал (поз. 3, 4) и в отверстие фланцевых крышек (поз. 9, 28)

В нашем случае $d_0 = 70$ мм; $d = 190$ мм; $D = 24$ мм; материал ступицы – Ст.45; материал зубчатого венца – бронза; $C_1 = 1,02$ и $C_2 = 4,88$ (табл.12, приложение А).

E_1 и E_2 - модули упругости материала охватываемой и охватывающей деталей (табл. 12, приложение А)

$$E_1 = 0,84 \cdot 10^4 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}; \quad E_2 = 2,06 \cdot 10^4 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}.$$

Тогда

$$P_{\text{зап}} = \frac{151 \cdot 3,14 \cdot 65 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,84 \cdot 2,06 \cdot 10^4}{1,02 \cdot 2,06 + 4,88 \cdot 0,84} = 8601,5 \text{ кгс}.$$

Венец соединяется со ступицей чаще всего в подогретом состоянии, так как охватывающая деталь является тяжело нагруженной и имеет большой диаметр при малой длине. При этом способе соединения венец (поз.) в нагретом состоянии свободно одевается на ступицу (см. поз. 5, рис. 2.6, а) и при остывании образует посадку с заданным натягом.

Коэффициенты трения при запрессовке для охватывающей детали из материалов: сталь Ст.5 – 0,054 – 0,22; чугун – 0,07 – 0,13; сплавы магниевые и алюминиевые – 0,02 – 0,06; бронза и латунь – 0,05 – 0,10 [20, с. 226].

Определим температуру t_H , до которой следует нагревать бронзовый зубчатый венец (поз. 7) при сборке со ступицей (см. поз. 5, рис. 2.6, а) по формуле, °С:

$$t_H = \frac{N_{\text{max}} + \Delta}{K_\alpha d} k_0 + t_0,$$

где $N_{\text{max}} = 0,151 \text{ мм}$ (рис. 2.13, а) – наибольший натяг в посадке $\varnothing 190 \frac{H7}{s6}$;

$\Delta = 0,02 \text{ мм}$ – сборочный зазор при посадке венца на ступицу;

$K_\alpha = 17 \cdot 10^{-6} \text{ мм на 1 м при } 10^\circ\text{С}$ – коэффициент линейного расширения материала зубчатого венца [20, с. 205].

$D = 190 \text{ мм}$ – номинальный размер соединения венец – ступица;

$t_0 = 20^\circ\text{С}$; $k_0 = 1,15$.

Тогда

$$t_H = \frac{(0,151 + 20) \cdot 10^6}{17 \cdot 190} \cdot 1,15 + 20 = 80,8^\circ\text{С}.$$

В случае соединения венца со ступицей необходимо соблюдать равномерность нагрева сравнительно тонкостенного венца, поэтому целесообразно применить нагрев в масле.

Нагревать соединяемую деталь типа венец можно электрическим методом индукции токами промышленной частоты на специальных индукционно-нагревательных установках [8, с. 87]; [20 с. 208–209].

Рассмотрим расчет силы запрессовки червячного колеса в сборе на вал (поз. 3) со шпонкой (поз. 8).

Ступица (поз. 5) соединяется с валом (поз. 3) по переходной посадке $\varnothing 70 \frac{H7}{k6}$ (рис. 2.13, в) и со шпонкой по переходной посадке $20 \frac{Is9(\text{поз.5})}{h9(\text{поз.8})}$.

Для случая продольно-прессового соединения наибольшая сила запрессовки ступицы (поз. 5) на вал (поз. 3) по цилиндрической поверхности диаметром 70 мм может быть рассчитана по формуле, кгс

$$P_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{max}} f_1 l f_{\text{зап}} 10^{-3}}{\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}},$$

Так как вал (поз. 3) и ступица (поз. 5) изготовлены из стали, то $E_1 = E_2$ и формулу можно преобразовать к виду, кгс

$$P_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{max}} \pi l f_{\text{зап}} 10^{-3} E_{1,2} 10^4}{C_1 + C_2},$$

где $N_{\text{max}} = 21$ мкм – наибольший натяг запрессовки;

$L = 0.12$ – длина сопрягаемых поверхностей деталей (поз. 3,5);

$f_{\text{зап}} = 0.12$ – коэффициент трения;

$E_1 = E_2 = 2,06 \cdot 10^4, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ (табл. 12, приложение А).

Тогда

$$P_{\text{зап}} = \frac{21 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 3,14 \cdot 0,12 \cdot 2,06 \cdot 10^4}{0,7 + 1,62} = 8431,2 \text{ кгс.}$$

Рассмотрим установку холодного подшипника (поз. 10) на вал (поз. 3) при обычном способе его напрессовки. Величина силы запрессовки $P_{\text{зап}}$, требуемой для установки подшипника может быть рассчитана по формуле [20, с. 328], кгс:

$$P_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{max}} 10^{-3} f_{\text{зап}} E \pi B}{2N},$$

где N_{max} – наибольший расчетный натяг, мкм;

$N_{\text{max}} = 36$ мкм (рис. 2.13, *з*);

$f_{\text{зап.}} = 0,14$ – коэффициент запрессовки;

$E = 2,06 \cdot 10^4 \frac{\text{кГс}}{\text{мм}^2}$ – модуль упругости (табл. 12, приложение А);

$B = 31$ мм – ширина кольца подшипника (поз. 10);

$$N = \frac{1}{\left(1 - \frac{d}{d_0}\right)^2},$$

$$d_0 \approx d + \frac{D - d}{4},$$

где d – диаметр отверстия внутреннего кольца;

D – наружный диаметр подшипника.

$$d_0 = 65 + \frac{140 - 65}{4} = 102,5 \text{ мм};$$

$$N = \frac{1}{\left(1 - \frac{65}{102,5}\right)^2} = \frac{1}{0,1339} = 7,46.$$

Тогда

$$P_{\text{зап}} = \frac{36 \cdot 10^{-3} \cdot 0,14 \cdot 2,06 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot 31}{2 \cdot 7,46} = 328,8 \text{ кгс}.$$

При установке подшипника на вал осевая сила должна прикладываться только к тому кольцу, которое на данной операции сопрягается с базовой деталью (см. рис. 2.14, *а, б*).

Если подшипник одновременно монтируется на вал и в корпус, то усилия передаются на торцы обеих колец (см. рис. 2.14, *в*). С особенностями сборки СБЕ с подшипниками качения можно познакомиться в работе [20, с. 321-343].

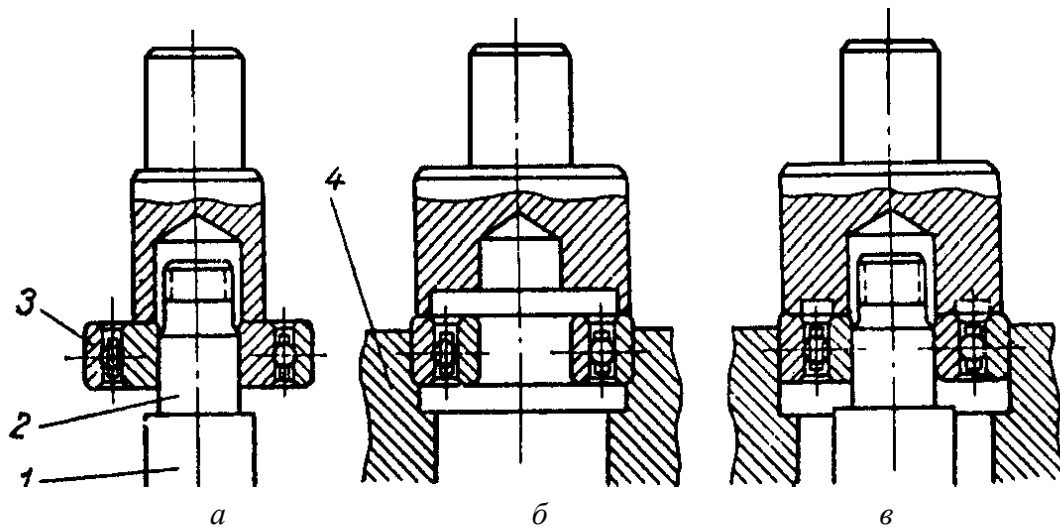


Рисунок 2.14 – Применение оправок при сборке подшипников:

a – напрессовка внутреннего кольца на вал; *б* – запрессовка наружного кольца в корпусе; *в* – запрессовка одновременно обоих колец

Определим температуру нагрева подшипника при установке его на вал в подогретом состоянии. Нагрев подшипника облегчает процесс сборки и способствует сохранению сопрягаемых поверхностей.

При сборке конического радиально- упорного подшипника с валом внутреннее кольцо устанавливается на вал отдельно от наружного кольца.

Рассчитаем температуру t_H , до которой следует нагревать внутреннее кольцо подшипника (см. поз.10 рис. 2.6, *a*) по формуле, °C:

$$t_H = \frac{N_{\max} + \Delta}{K_\alpha d} k_0 t_0,$$

где $N_{\max} = 36$ мкм – наибольший натяг в посадке $\varnothing 65 \frac{L0}{k6}$ (рис. 2.13, *з*);

$\Delta = 0,02$ мм – сборочный зазор при посадке кольца на вал;

$K_\alpha = 11 \cdot 10^{-6}$ мм на 1м при 1°C (табл. 13, приложение А);

$d = 65$ мм – диаметр отверстия внутреннего кольца;

$k_0 = 1,15$; $t_0 = 20^\circ\text{C}$.

Тогда

$$t_H = \frac{(0,036 + 0,010) \cdot 10^6}{11 \cdot 65} \cdot 1,15 + 20 = 94^\circ\text{C}.$$

Перед сборкой внутреннее кольцо подшипника нагревают в электро- ванне с точным контролем температуры масла [20, с. 325]. При установке подшипника на вал та сторона, на которой нанесено заводское клеймо, должна быть снаружи.

После установки шарикоподшипника на вал следует убедиться в том, что тела качения не защемлены. При этом торец кольца должен плотно при- легать к заплечику вала. Схема контроля зазоров в подшипнике после его сборки с валом приведена в работе [20, с. 329].

Наружное кольцо подшипника (поз. 10) устанавливается в отверстие фланцевой крышки по переходной посадке $\varnothing 140 \frac{Is7}{l0}$ (см. рис. 2.13, з). Воз- можный наибольший натяг может составить 20 мкм.

Силу запрессовки наружного кольца подшипника (поз. 10) в отверстие крышки (поз. 9, 28) рассчитываем по формуле, кгс:

$$P_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{max}} 10^{-3} \pi B f_{\text{зап}}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)},$$

где $N_{\text{max}} = 20$ мкм – наибольший натяг в посадке $\varnothing 140 \frac{Is7}{l0}$;

$B = 31$ мм – ширина кольца подшипника;

$f_{\text{зап.}} = 0,14$ – коэффициент трения при запрессовке;

$E_1 = 2,06 \cdot 10^4 \frac{\text{кГс}}{\text{мм}^2}$ – модуль упругости материала наружного кольца

подшипника (табл. 12, приложение А);

$E_2 = 1,05 \cdot 10^4 \frac{\text{кГс}}{\text{мм}^2}$ – модуль упругости материала фланцевой крышки.

$$C_1 = 3,06 \left(\text{при } \frac{d_0}{d} = \frac{102,5}{140} = 0,732 \right); \quad C_2 = 13,2 \left(\text{при } \frac{d}{D} = \frac{140}{155} = 0,90 \right)$$

(табл. 12, приложение А).

Тогда

$$P_{\text{зап}} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 31 \cdot 0,14}{\left(\frac{3,06}{2,06 \cdot 10^4} + \frac{13,2}{1,05 \cdot 10^4} \right)} = 194 \text{ кгс.}$$

Ниже рассмотрим операцию «свинчивание». Резьбовые соединения составляют 15–20 % общего числа соединений в конструкциях современных машин, а трудоемкость сборки резьбовых соединений достигает 25–35 % общей трудоемкости сборочных работ.

Свинчивание–завертывание (ввертывание) винтов, шпилек или наворачивание гаек состоит из следующих основных элементов: предварительного сопряжения (наживления) резьбовых деталей; завертывания резьбовых деталей до упора в поверхности собираемых деталей; предварительной затяжки резьбового соединения; контроля затяжки; стопорения резьбовых соединений от самоотвинчивания.

Предварительное ввертывание осуществляется вручную даже при механизированной сборке резьбовых соединений. Точность наживления деталей резьбового соединения предотвращает срыв первых ниток и перекося резьбы при дальнейшем завертывании. После правильного наживления детали время, необходимое на ее заворачивание, определяется скоростью вращения. При этом крутящий момент тратится только на преодоление трения в резьбе.

Наиболее существенное влияние на условия сборки оказывают условия эксплуатации резьбовых соединений, которые могут быть ненагруженными или нагруженными. К ненагруженным соединениям относятся стыки крышек, не несущие части редукторов и др., к нагруженным – соединения, подвергающиеся действию рабочей силы – постоянной, пульсирующей или знакопеременной (в головках шатунов и подшипниках кривошипно–шатунных механизмов, стыки крышек, например двигателей внутреннего сгорания, которые подвергаются давлению рабочих газов в цилиндрах и др.).

В механизированных сборочных цехах для затяжки используют гайковерты и болтоверты электрического и пневматического действия с регулируемым и автоматически выдерживаемым моментом затяжки.

Крутящий момент затяжки затрачивается на преодоление следующих моментов [21, т. 1, с. 419]:

момент для создания силы P , растягивающей болт

$$M_1 = 0,5P \frac{S}{\pi};$$

момент на преодоление трения на опорной поверхности гайки

$$M_2 = 0,5P D f;$$

момент на преодоление трения в резьбе

$$M_3 = 0,5 d_2 f_1$$

Полный момент затяжки, кгм

$$M_{\text{зат}} = 0,510^3 P \left(\frac{1}{\pi} \frac{S}{d} + \frac{D}{d} f + \frac{d_2}{d} f_1 \right),$$

где P – сила растяжения болта, кгс;

S – шаг резьбы, мм;

D – наружный диаметр резьбы, мм;

d_2 – средний диаметр резьбы, мм;

D – средний диаметр опорной поверхности гайки, мм;

f – коэффициент трения на опорной поверхности;

f_1 – приведенный коэффициент трения в резьбе $f_1 = f \operatorname{tg} \alpha$,

где α – половина профильного угла у вершины витка.

Величины f и f_1 зависят от состояния поверхностей, а величина f_1 , кроме того, от посадки в резьбе. При посадке плотной или с небольшим натягом можно принимать $f_1 = 1,5f$.

Сила растяжения болта P вызывает в резьбе напряжение растяжения, $\frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$:

$$\sigma_p = \frac{P k_9}{0,785 d_1^2},$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм;

k_9 – эффективный коэффициент концентрации напряжений [21, т.1, с.421].

Для крепежных болтов ($f = 0,1$, $k_9 = 1,5$) напряжение растяжения можно рассчитать по формуле

$$\sigma_p \approx 10^3 \frac{14M_{\text{зат}}}{d^3}$$

Для частных случаев напряжение можно определить по формуле (142) [21, т.1, с.422].

Крутящий момент затяжки, необходимый для создания в болте заданного напряжения растяжения (без учета концентрации напряжений, т.е. при $k_0 = 1$), можно определить по формуле

$$M_{\text{зат}} \approx 1,1 \cdot 10^{-4} \sigma_p d^3.$$

Таким образом, момент затяжки устанавливают в зависимости от наружного диаметра болта и с учетом материалов, из которых изготовлены крепежные детали. Предельные значения крутящего момента, с которым должны быть затянуты гайки и винты, указываются в технических требованиях на сборку.

Для механизации сборки резьбовых соединений применяют различные конструкции гайко- и винтозавертывающих устройств и машин, в том числе с контролем затяжки [8., с. 75–81], [20, с. 145–183]. Технические характеристики электрических и пневматических гайко- и шпильковертов приведены в общемашиностроительных нормативах [25, с. 12, 13] и [29, с. 210, 211].

Контрольные вопросы

- 1 Каким требованиям должен отвечать ТПС?
- 2 Последовательность проектирования ТПС.
- 3 Какие исходные данные необходимы для разработки ТПС?
- 4 Что значит выполнить технологическую проработку чертежей?
- 5 Области проявления технологичности конструкции.
- 6 Основные признаки типов сборочных производств: единичного, мелкосерийного, среднесерийного, крупносерийного и массового.
- 7 Как определяется тип сборочного производства?
- 8 Что понимают под формой организации сборки?
- 9 Какие организационные формы сборки известны по перемещению собираемого изделия и по форме организации производства?
- 10 Особенности стационарной непоточной сборки с концентрацией и дифференциацией сборочных работ.

11 Особенности групповой поточной сборки в мелкосерийном производстве.

12 Особенности стационарной поточной сборки в среднесерийном производстве.

13 Особенности стационарной поточной сборки.

14 Особенности поточной подвижной сборки в среднесерийном, крупносерийном и массовом производства.

15 Какие задачи решают при размерной отработке конструкции изделия и сборочных единиц?

16. Сущность и область применения следующих методов сборки:

- с полной взаимозаменяемостью;
- с неполной взаимозаменяемостью;
- с групповой взаимозаменяемостью;
- с регулировкой компенсаторами;
- с пригонкой.

17 В какой последовательности выполняется размерный анализ редуктора (цилиндрического, конического, червячного)?

18 Какие типы компенсаторов можно применить при сборке методом регулирования точности?

19 От чего зависит толщина самой тонкой прокладки и допуск на ее изготовление при методе регулирования?

20 От каких параметров зависят предельные размеры неподвижного компенсатора при достижении точности методом регулирования?

21 Какие виды подготовительных работ должен выполнить технолог-сборщик прежде, чем приступить к разбивке изделия на сборочные единицы?

22. Перечислите рекомендации, которыми можно пользоваться при разбивке изделия на СБЕ.

23 В какой последовательности осуществляется сборка СБЕ в параллельно связанных размерных цепях?

24 Какое влияние на последовательность сборки оказывают общие звенья сборочных размерных цепей?

- 25 Основные правила разработки ТСС изделий.
- 26 Преимущества и недостатки ТСС веерного типа и с базовой деталью.
- 27 Для заданного сборочного чертежа редуктора опишите последовательность выполнения регулировочных работ, связанных с обеспечением осевой игры в подшипниках.
- 28 Суть дифференциации и концентрации ТПС и их влияние на организационную форму и цикл сборки, техническое оснащение и экономические показатели сборочного производства.
- 29 Степени углубленности описания ТПС в технологических документах.
- 30 Сущность и последовательность проектирования маршрута сборки изделия.
- 31 Последовательность и особенности разработки операционной технологии.
- 32 Какие технологические документы применяются для описания ТПС и кто устанавливает комплектность документов.
- 33 От чего зависит выбор технологических методов сборки?
- 34 Способы получения продольно– и поперечно–прессовых соединений.
- 35 Какие характеристики соединения влияют на силу запрессовки?
- 36 Исходя из каких условий рассчитывают температуру охватывающей детали при получении поперечно–прессовых соединений?
- 37 Какие технологические переходы включает операция «свинчивание» (завертывание и вывертывание)?
- 38 На какие составляющие затрачивается общий крутящий момент затяжки резьбового соединения?

3 НОРМИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Техническое нормирование слесарно-сборочных работ служит основой для использования прогрессивных, технически–обоснованных норм времени, норм выработки, является основной частью разработки технологического процесса сборки и позволяет решить следующие задачи:

- определить производительность сборки;
- составить календарные графики планирования слесарно-сборочных работ;
- установить возможность параллельной или смешанной сборки и возможность совмещения работы;
- определить трудоемкость сборочных работ;
- подготовить данные для проектирования сборочного участка (цеха).

Т е х н и ч е с к и о б о с н о в а н н а я н о р м а – это время, которое необходимо затрачивать на сборку изделия в определенных организационно-технических условиях.

При установлении технической нормы времени рекомендуется выполнить следующие основные требования:

строгая последовательность выполнения слесарно-сборочных операций и их рациональное содержание;

применение обоснованных методов сборки, гарантирующих точность замыкающих звеньев сборочных размерных цепей с наименьшими затратами на механическую обработку деталей и сборку;

использование достижений науки и передового опыта предприятий станкостроения, судостроения, общего машиностроения, автомобилестроения и других отраслей промышленности, имеющих опыт выполнения сборочных работ.

Известно три метода нормирования слесарно-сборочных работ:

- 1) по укрупненным типовым нормативам;
- 2) на основании изучения занятости слесарей-сборщиков путем хронометражных наблюдений и фотографии рабочего времени;
- 3) расчетно-аналитическим методом.

При первом методе норму времени назначают, руководствуясь типовыми нормативами, которые разрабатываются для типовых операций

и процессов по отдельным видам слесарно-сборочных работ. Этот метод нормирования применяют в единичном и мелкосерийном производствах.

При втором методе – изучают время выполнения укрупненных комплексов или комплексов работ на примере сборки до 10–20 изделий. Затем рассчитывают среднеарифметическое значение нормы времени для конкретных условий выполнения слесарно-сборочных работ и полном использовании сборочного оборудования и инструментов.

При расчетно-аналитическом методе структура нормы штучного времени на слесарно-сборочные операции аналогична структуре нормы на станочные работы и состоит из:

- основного (технологического) времени;
- вспомогательного времени;
- времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места;
- времени на отдых и личные потребности.

Штучное время на слесарно-сборочные работы может быть выражено следующей формулой:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд} + T_{л. п} \quad (3.1)$$

где $T_{оп} = (T_o + T_b)$ – оперативное время на выполнение комплекса приемов или приемов в слесарно-сборочной операции или при сборке узла, а также изделия в целом, мин;

T_o – основное (технологическое) время, мин;

T_b – вспомогательное время, мин;

$T_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, мин;

$T_{отд}$ – время на отдых, мин;

$T_{л. п.}$ – время на личные потребности, мин.

Время $T_{обс}$, $T_{отд}$, $T_{л. п.}$ принимают в процентном отношении от оперативного времени $T_{оп..}$

Расчет штучного времени на слесарно-сборочные операции производят суммированием оперативного времени с учетом поправочных коэффициентов, подготовительно-заключительного времени, времени на обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности по формулам с учетом типа сборочного производства:

для массового и крупносерийного производства:

$$T_{шт} = T_{оп} \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отд} + a_{л.п.}}{100} \right) K K_1 K_3, \quad (3.2)$$

для серийного и мелкосерийного производства:

$$T_{шт} = T_{оп} \left(1 + \frac{a_{пз} + a_{обс} + a_{л.п.}}{100} \right) K K_2 K_3, \quad (3.3)$$

для единичного производства:

$$T_{шт} = T_{оп} \left(1 + \frac{a_{пз} + a_{обс} + a_{отд} + a_{л.п.}}{100} \right), \quad (3.4)$$

где $T_{оп}$ – оперативное время на слесарно-сборочную операцию, которая определяется как сумма нормативного оперативного времени на выполнение комплексов приемов, входящих в операцию, т.е.

$$T_{оп} = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_m, \quad (3.5)$$

где – $T_1, T_2, T_3, \dots, T_m$ – нормативное оперативное время на выполнение комплекса приемов или приема операции берется по соответствующим картам сборников нормативов [4; 5; 6] или рассчитывается по формулам, приведенным в (табл. 13-16, приложение А)

m – количество комплексов приемов или приемов, входящих в операцию;

$a_{пз}$ – процент от оперативного времени, соответствующий времени на подготовительно-заключительные работы (табл. 19, карты 2, 3, приложение А);

$a_{обс}$ – процент от оперативного времени, соответствующий времени на обслуживание рабочего места (табл. 19, карты 1, 2, приложение А);

$a_{отд}$ – процент от оперативного времени, соответствующий времени на отдых (табл. 19, карта 4, приложение А);

K – поправочный коэффициент на оперативное время, учитывающий тип производства, число приемов или комплексов приемов, выполняемых одним рабочим (табл. 19, приложение А, карта 6);

K_1 – коэффициент, учитывающий число приемов, комплексов приемов, выполняемых одним рабочим (табл. 19, карта , приложение А);

K_2 – коэффициент, учитывающий число деталей в партии (табл. 19, карта 7, приложение А);

K_3 – коэффициент, учитывающий условия выполнения работ (табл. 19, карта 8, приложение А);

Общее время на сборку изделия при последовательном выполнении сборочных операций определяется по формуле

$$T_{\text{шт}} = \sum_1^k T_{\text{шт}},$$

где $T_{\text{шт}}$ – время на сборку всего изделия, мин;

$T_{\text{шт}}$ – штучное время на выполнение слесарно–сборочных операций, рассчитанное по формуле (3.2), (3.3) в зависимости от типа производства;

k – количество слесарно–сборочных операций.

При параллельной сборке общее время на сборку изделия устанавливается путем анализа временных циклограмм сборки.

При сборке изделий партиями определяется штучно-калькуляционное время по формуле

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n},$$

где $T_{\text{шк}}$ – штучно-калькуляционное время на одно изделие, мин;

$T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время на всю операцию (партию) изделий, мин;

n – количество изделий в серии (партии).

В массовом и крупносерийном производстве, где на рабочем месте выполняется одна слесарно-сборочная операция, а инструмент и оборудование настроены только на выполнение этой операции, подготовительно-заключительное время не рассчитывается.

В условиях массового и крупносерийного производства вместо технических норм времени часто используются нормы выработки.

Техническая норма выработки показывает, какое количество изделий (штук) может быть собрано в единицу времени при эффективном использовании всех средств и при рациональной организации труда.

Норма выработки является величиной, обратной норме времени и определяется из уравнения $H_{\text{выр}} = \frac{1}{T_{\text{вр}}}$,

где $H_{\text{выр}}$ – норма выработки в единицу времени, мин;

$T_{\text{вр}}$ – норма времени, мин.

Пример расчета нормы времени на установку и крепление крышек редуктора (рис.3.1) в условиях среднесерийного производства дан в (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Наименование и количество деталей, входящих в узел (рис.3.1)

Наименование деталей, входящих в узел	Количество
Болт М12 х120	10
Крышка редуктора	1
Болт М12 х 50	8
Гайка М12	36
Шайба 12 х 2	18
Болт М10 х 25	24
Штифт конический 20 х 40	2
Крышка проходная	4
Крышка глухая	2
Корпус редуктора	1

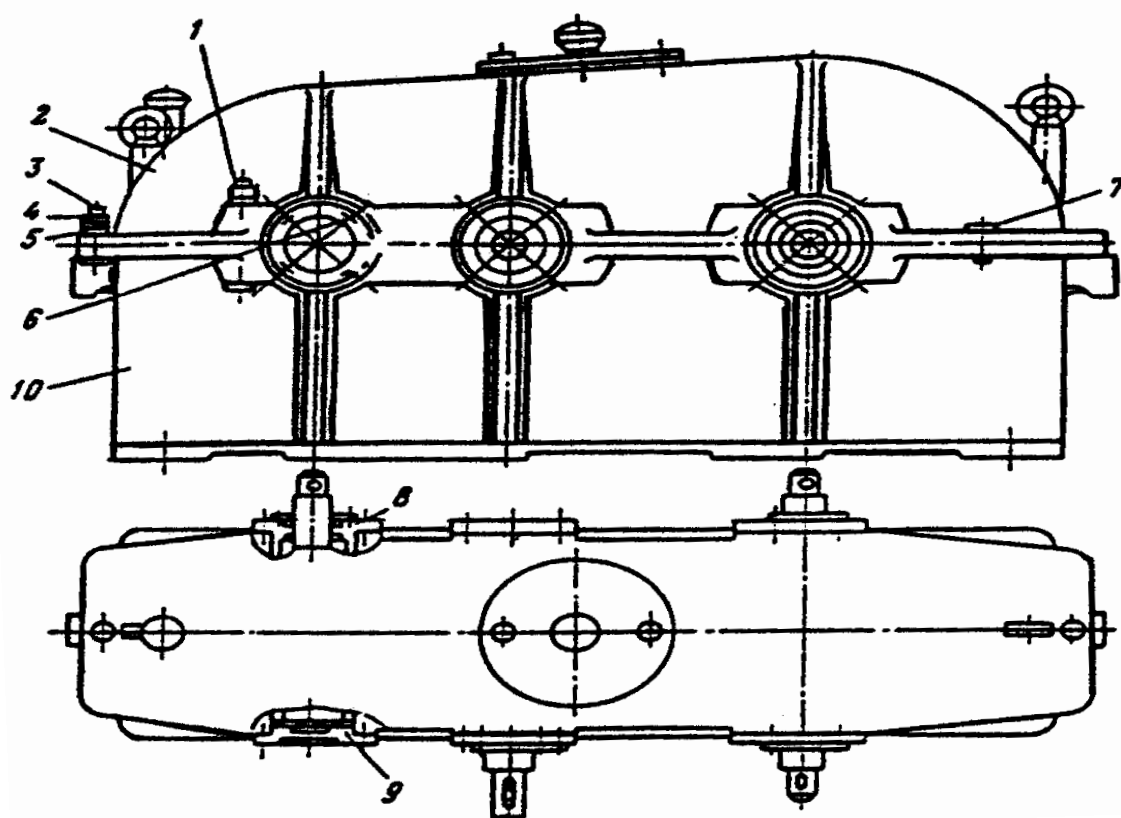


Рисунок 3.1 – Двухступенчатый цилиндрический редуктор

Содержание операции сборки корпуса редуктора в сборе и верхней крышки редуктора (рис.3.1) в табл.3.2.

Таблица 3.2 – Нормы времени на слесарно-сборочные работы по сборке редуктора цилиндрического двухступенчатого. Операция "Сборка корпуса и крышек редуктора" (табл.3.1)

Содержание слесарно-сборочных работ	Расчет нормы времени
1	2
Протереть плоскости разъема корпуса (поз. 10) и крышки редуктора (поз. 2) сухой салфеткой (разъемы простые с гладкой поверхностью) (поз.11), табл. 16, прил. А.	$T = 0,005 B^{0,24} L^{0,32} 2 =$ $= 0,005 \cdot 12^{0,24} \cdot 2000^{0,32} \cdot 2 = 0,21 \text{ мин}$
Смазать плоскости разъема корпуса (поз. 10) и крышки корпуса редуктора (поз. 8)	$T = 0,002 B^{0,33} L^{0,47} \cdot 2 =$ $= 0,005 \cdot 12^{0,33} \cdot 2000^{0,47} \cdot 2 = 0,32 \text{ мин}$
Установить крышку редуктора (поз.2) на плоскость разъема корпуса (поз. 10) простым наложением с совмещением отверстий вручную (табл. 13, прил.А), (поз.8, табл. 19, карта 5, прил.А): М = 12 кг; Р = 600 мм; К = 1,3	$T = 0,0118 M^{0,3} P^{0,16} K =$ $= 0,0118 \cdot 12^{0,3} \cdot 600^{0,16} \cdot 1,3 = 0,09 \text{ мин}$
Заштифтовать корпус (поз. 10) и крышку редуктора (поз. 2) двумя коническими штифтами диаметром D = 20 мм (поз. 31, табл. 12, прил. А)	$T = 0,06 D^{0,26} K 2 = 0,06 \cdot 20^{0,26} \cdot 1,3 \cdot 2 =$ $= 0,34 \text{ мин}$
Установить болты (поз. 3, 8 шт.) и болты (поз.1, 10 шт.) в отверстия корпуса и крышки (поз. 10, 2, поз. 32)	$T = \frac{0,0077 D^{0,29} L^{0,19}}{n^{0,16}} K n =$ $\frac{0,0077 \cdot 12^{0,29} \cdot 50^{0,19}}{8^{0,16}} \cdot 1,3 \cdot 8 = 0,248 \text{ мин}$
Установить шайбы простые (поз.5 12х2), 18 шт.) (поз.33)	$T = 0,0062 D^{0,21} L^{0,21} K n =$ $= 0,0062 \cdot 12^{0,21} \cdot 26^{0,21} \cdot 1,3 \cdot 18 =$ $= 0,484 \text{ мин}$
Навернуть гайки (поз.4, 36 шт.) предварительно на 2-3 нитки вручную (поз.38, табл. 13, прил. А)	$T = 0,04 D^{0,17} K n = 0,04 \cdot 12^{0,17} \cdot 1,3 \cdot 36 =$ $= 1,273 \text{ мин}$
Подвести к рабочей зоне электрогайковерт на гибкой связи, включить, отвести и выключить	$T = 0,025 L^{0,45} + 0,015 = 0,045 \text{ мин}$
Переместить электрогайковерт при завертывании гаек (поз.4, 36 шт.) в процессе работы по технологической схеме (поз.7, табл.16, прил. А,)	$T = 0,00053 L^{0,45} M^{0,23} n =$ $= 0,00053 \cdot 26^{0,45} \cdot 3,5^{0,23} \cdot 36 =$ $= 0,0538 \text{ мин}$
Затянуть гайки (поз.4, 36 шт.) торцовым ключом после их окончательного завертывания (поз.41, табл. 13, прил. А)	$T = 0,012 D^{0,43} K n = 0,012 \cdot 12^{0,43} \cdot 1,3 \times$ $\times 36 = 1,634 \text{ мин}$
Установить вручную последовательно проходные крышки (поз.8, 4 шт.) на валы с совмещением отверстий	$T = 0,0376 L^{0,12} M^{0,18} K n =$ $= 0,0376 \cdot 12^{0,12} \cdot 1,2^{0,18} \cdot 1,3 \cdot 4 =$ $= 0,323 \text{ мин}$

Продолжение табл. 3.2

Содержание слесарно-сборочных работ	Расчет нормы времени
1	2
Установить вручную последовательно глухие крышки (поз. 9, 2 шт.) с совмещением отверстий	$T = 0,0376 L^{0,12} M^{0,18} K n =$ $= 0,0376 \cdot 12^{0,12} \cdot 1,2^{0,18} \cdot 1,3 \cdot 2 =$ $= 0,136 \text{ мин}$
Установить болты (поз.6, 24 шт.) в отверстия крышек (поз. 8, 9) и навернуть их предварительно на 2–3 нитки вручную (табл. 13, поз.32, код 38, прил. А)	$T = \frac{0,0077 D^{0,29} L^{0,19}}{n^{0,16}} K n =$ $= \frac{0,0077 \cdot 10^{0,29} \cdot 12^{0,19}}{24^{0,16}} \cdot 1,3 \cdot 24 =$ $= 0,508 \text{ мин}$
Подвести к рабочей зоне электрогайковерт на гибкой связи, включить, отвести и выключить (см. п. 8)	$T = 0,045 \text{ мин}$
Переместить электрогайковерт при завертывании болтов (поз.6, 12 шт.) в процессе работы по технологической схеме (табл.16, поз.7, прил. А). Масса электрогайковерта М = 3,5 кг	$T = 0,00053 L^{0,45} n = 0,00053 12^{0,45}$ $12 = 0,026 \text{ мин}$
Отрегулировать осевую игру в подшипниках согласно техническим условиям установкой компенсирующих прокладок (табл.18, карта5, прил. А)	$T = 4,8 n = 4,8 \cdot 3 = 14,4 \text{ мин}$
Проверить легкость вращения валов вручную (табл.18, карта 6, прил. А)	$T = 0,14 n = 0,14 \cdot 3 = 0,42 \text{ мин}$
Итого:	22,77 мин

Таблица 3.3 – Нормы времени на обслуживание рабочего места

Содержание работы	Факторы, влияющие на продолжительность	№ карты, позиции	
Подготовительно-заключительное время ($a_{пз}$)	Работа I группы сложности (десять наименований деталей)	Табл.19, прил. А, К.2	$a_{пз}=1,5 \%$
Время на обслуживание рабочего места ($a_{обс}$)	То же	Табл.19, прил. А, К.2	$a_{обс}=2,5 \%$
Время на отдых и личные надобности ($a_{отд}$)	Установка крышек вручную. Грузооборот за смену – до 1 т	Табл.19, прил.А, К.4 прим.1	$6+1=7 \%$
Поправочный коэффициент, учитывающий	Выпуск 200 шт.	Табл.19, прил. А, К.7	$K3 = 0,9$
Поправочный коэффициент, учитывающий условия выполнения работы ($K3$)	Работа выполняется сверху и сбоку	Табл.19, прил. А, К.8	$K3 = 1,0$

Расчет нормы времени:

$$H_{\text{вр}} = 22,77 \left(1 + \frac{1,5 + 2,5 + 7}{100} \right) 0,9 \cdot 1,0 = 22,73 \text{ мин.}$$

Контрольные вопросы

- 1 Какие задачи можно решить, выполнив нормирование сборочных работ?
- 2 Какие требования следует соблюдать при установлении технической нормы времени?
- 3 Методы нормирования сборочных работ и их суть?
- 4 Особенности определения общего времени на сборку при последовательной и параллельной сборке.
- 5 В чем отличие между нормой времени и нормой выработки?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Балабанов А.Н. Технологичность конструкций машин. – М.: Машиностроение, 1987. – 333 с.
- 2 Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. Учеб. для машиностроительных вузов и факультетов. – М.: Машиностроение, 1966. – 556 с.
- 3 Балакшин Б.С. Теория и практика технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1975. – 239 с.
- 4 Бейзельман Р.Р., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения: Справочник. – М.: Машиностроение, 1975. – 574 с.
- 5 Дунаев П.Ф., Лелюков О.П. Расчет допусков размеров. – М.: Машиностроение, 1981. – 189 с.
- 6 Допуски и посадки. Справочник: В 2 ч. В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. 6-е Изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1983, 422–448 с.
- 7 Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения. Учеб. для вузов. Изд. 2-е, доп. – М.: Высш. шк., 1976. – 534 с.
- 8 Жабин А.И., Мартынов А.П. Сборка изделий в единичном и мелко-серийном производстве. М.: Машиностроение, 1983. – 184 с.
- 9 Жданович В.Ф., Соболев А.М., Елистан Т.С. Справочник технолога сборщика станков. – М.: Машиностроение, 1971. – 248 с.
- 10 Захаров М.В., Тимофеев Ю.В. Розробка технологічних процесів складання. Навч. посіб. – К.: ІСДО, 1992. – 156 с.
- 11 Иванов В.В. Расчет размерных цепей. – М.: Машиностроение, 1966. – 91 с.
- 12 Кован В.М., Корсаков В.С., Косилова А.Г. и др. Основы технологии машиностроения / Под ред. В.С. Корсакова. Изд. 3-е, доп. и перераб.: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение. 1977. – 416 с.
- 13 Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: Учеб. пособие для техн. вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – Х.: Основа, 1991. – 276 с.
- 14 Круковская Л.Н., Ратников Н.И. Научная организация труда на машиностроительном заводе. Конспект лекций. – Харьков, ХПИ, 1971. – 62 с.

15 Максакова Е.Н. Технология локомотивостроения: Учеб. для вузов. – Воронеж: Изд-во воронежского ун-та. 1982.–452 с.

16 Маслов Д.П., Даниловский В.В., Сасов В.В. Технология машиностроения: Учебн. пособие для профтехобразования. – М.: Машиностроение, 1956.–418 с.

17 Маталин А.А. Технология машиностроения: Учеб. для машиностроительных вузов по специальности „Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты”.– Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985.–496 с.

18 Методические указания к выполнению контрольной и курсовой работ по дисциплине „Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения для студентов машиностроительных специальностей заочной формы обучения”. /Сост. Кравченко Л.С. – Харьков: ХГПУ, 1998.–101 с.

19 Методические указания по оформлению комплекта документов в курсовом и дипломном проектировании для студентов специальностей 12.01 „Технология машиностроения” и 12.02 „Металлорежущие станки и инструменты” всех форм обучения. /Сост. В.Е. Карпусь. – Харьков: ХПИ, 1983.–112 с.

20 Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М: Машиностроение, 1980.–592 с.

21 Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3 кн.. Кн. 2. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977.–574 с.

22 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. – М.: НИИтруда, 1976.–155 с.

23 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. – М.: НИИтруда, 1982.–203 с.

24 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарные работы по ремонту оборудования. – М.: Экономика, 1989.–235 с.

25 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов. Среднесерийное, крупносерийное и массовое производство. – М.: Экономика. 1991.–159 с.

26 Принцип системного анализа конструкции и сборки изделия. Учеб. метод. пособие по дисциплине „Системный анализ, структурная и параметрическая оптимизация технологических процессов” для студентов специальности 7.090.202 / А.И. Грабченко, Н.В. Вerezуб, К.М. Алексеев, А.А. Гетманов. – Харьков, ХГПИ, 1997.–51 с.

27 Проектирование технологических процессов: Учеб. пособие. / А.Г. Зильбер, М.К. Кравцов, М.Б. Арпентьев. – Киев.: УМК 130, 1992.– 96 с.

28 Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник в 2-х т. Т.1 / Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина. – М.: Машиностроение, 1983.– 480 с.

29 Справочник металлиста в 5-ти т. Т.И. Под ред. М.П. Новикова, Н.П. Орлова. – М.: Машиностроение, 1977.–720 с.

30 Технологичность конструкций изделий. Справочник / Под ред. Т.К. Алферова, Ю.Д. Амирова, П.Н. Волкова и др. – М.: Машиностроение, 1985.–368 с.

31 Технологичность конструкций: Справ. пособие / Под ред. С.А. Ананьева и В.К. Куприновича. – М.: Машиностроение, 1969.– 433 с.

32 А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учеб. для вузов – Изд. 6-е., перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1987.– 352 с.

Перечень стандартов, используемых при разработке ТПС

Понятия и определения

ГОСТ 2.101-68 ЕСКД. Виды изделий.

ГОСТ 2.102-68 ЕСКД. Виды и комплектность конструктивных документов.

ГОСТ 23887-79 ЕСКД. Сборка. Термины и определения.

ГОСТ 3. 1109-82. Термины и определения основных понятий.

Нормы точности

ГОСТ 570-89. Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования.

ГОСТ 1643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски.

ГОСТ 1758-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые конические и шпондальные. Допуски.

ГОСТ 3325-95. Подшипники шариковые и роликовые. Посадки.

ГОСТ 3675-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи червячные цилиндрические.

Допуски и посадки

ГОСТ 25346-82 ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основные отклонения.

ГОСТ 25347-82. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки.

Тип производства и организационные формы сборки

ГОСТ 14.004-83 ЕСТПП. Термины и определения основных понятий.

ГОСТ 3. 1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий.

Технологичность изделий

ГОСТ 14.201-83 ЕСТПП. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия.

ГОСТ 14.202-73 ЕСТПП. Правила выбора показателей технологичности конструкции и сборочных единиц.

ГОСТ 14.203-73 ЕСТПП. Правила обеспечения технологичности конструкций сборочных единиц.

ГОСТ 14.204-73 ЕСТПП. Правила обеспечения технологичности конструкций деталей.

Размерный анализ

ГОСТ 16319-70. Цепи размерные. Термины .определения и обозначения.

ГОСТ 16320-70. Цепи размерные. Расчет размерных цепей.

ГОСТ 19415-74. Цепи размерные. Методы расчета коэффициентов относительной асимметрии и относительного рассеяния замыкающего звена.

Разработка ТПС. Средства технологического оснащения и контроля

ГОСТ 14.301-83 ЕСТПП. Общие правила разработки технологических процессов.

ГОСТ 14.303-73 ЕСТПП. Правила разработки и применения типовых технологических.

ГОСТ 14.304-73 ЕСТПП. Правила выбора технологического оборудования.

ГОСТ 14.305-73 ЕСТПП. Правила выбора технологической оснастки.

ГОСТ 14.306-83 ЕСТПП. Правила выбора средств технологического оснащения процессов технического контроля.

ГОСТ 14.311-75 ЕСТПП. Правила разработки рабочих технологических процессов.

ГОСТ 14.316-75 ЕСТПП. Правила разработки групповых технологических процессов.

ЕСТД. Правила оформления технологических процессов сборки

ГОСТ 3. 1102-81. Стадии разработки и виды документов.

ГОСТ 3. 1103-82. Основные надписи.

ГОСТ 3. 1104-81. Основные требования к формам, бланкам, документам.

ГОСТ 3. 1105-84. Правила оформления документов общего назначения.

ГОСТ 3. 1109-82. Термины и определения.

ГОСТ 3. 1118-82. Формы и правила оформления маршрутных карт.

ГОСТ 3. 1119-83. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы.

ГОСТ 3. 1120-83. Общие правила отражения и оформления требований безопасности и технологической документации.

ГОСТ 3. 1121-84. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые процессы (операции).

ГОСТ 3. 1123-84. Формы и правила оформления документов, применяемых при нормировании материалов.

ГОСТ 3. 1201-85. Система обозначения технологических документов.

ГОСТ 3. 1407-86. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на процессы (операции), систематизированные по методам сборки.

ГОСТ 3. 1502-85. Правила оформления документов на технический контроль.

ГОСТ 3.1703-79. Правила записи операций и переходов. Слесарные и слесарно-сборочные работы.

Приложение А

ТАБЛИЦЫ К ВЫБОРУ НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ

Таблица 1 – Слесарные и сборочные операции, ключевые слова и их условные коды (по ГОСТ 3.1703-79 и по классификатору сборочных операций)

Операция				Ключевые слова
Код	Наименование	Код		
		1	2	
Сборочные операции				
8800	Сборка	41	КР	Собрать
8801	Базирование	02	08	Базировать
8859	Демонтировка		2Ж	Демонтировать
8802	Закрепление	81	8И	Закрепить
8823	Запрессовывание	08	АЦ	Запрессовать
8841	Клепка	18	7Ф	Клепать
8824	Контровка	22	7Я	Контрить
8858	Монтировка	35	9К	Монтировать
8860	Разборка	25	ДУ	Разобрать
8842	Развальцовка	32	ГЛ	Развальцевать
8856	Развинчивание	18	ГР	Развинтить
8841	Расклепка	33	ЕВ	Расклепать
8852	Распрессовывание	33	АЦ	Распрессовать
8854	Расшплинтование	34	ЖА	Расшплинтовать
8853	Расштифтовывание	37	ЖБ	Расштифтовать
8831	Свинчивание	39	ИБ	Свинтить
8846	Склеивание	40	7С	Склеить
8821	Стопорение		ЛГ	Стопорить
8810	Установка	91	ММ	Установить
8811	Установка с применением техоснастки	—	—	—
8812	Установка без применения техоснастки	—	—	—
8849	Центровка	38	НЭ	Центрировать
8854	Шплинтование	43	ПР	Шплинтовать
8822	Штифтование	44	ПЦ	Штифтовать
Слесарные операции				
	Выбивание			Выбивать
2129	Гибка	05	ИС	Гнуть
4194	Доводочная	45	2111	Довести
0405	Загрузка		4Д	Загрузить
2133	Завивка		3Ц	Завить
0130	Зачистка		6Г	Зачистить
	Зенковка			Зенковать
2149	Калибровка	09	7К	Калибровать
2144	Керновка	14	7П	Кернить
0481	Комлектование		7Щ	Комплектовать
0801	Консервация			Консервировать
0389	Контроль			Контролировать
0428	Крепление		8И	Крепить

Продолжение табл. 1				
Операция				Ключевые слова
Код	Наименование	Код		
		1	2	
0103	Нагревание	1	2	Нагреть
0180	Маркировка	23	8Э	Маркировать
2141	Обжatie		Е9	Обжать
0190	Обезжиривание		Е1	Обезжирить
2103	Обрезка	16	ЖН	Обрезать
2101	Отрезка	16	ЖН	Отрезать
2107	Отрубка	27	У1	Отрубить
4105	Опиловочная	15	5Ж	Опилить
0105	Охлаждение		У8	Охладить
0168	Подготовка		Ю8	Подготовить
4191	Полирование	19		Полировать
0111	Правка	17	АУ	Править
0125	Промывка		С4	Промыть
0119	Прочие			
	Развертывание	24		Развернуть
0101	Разметка		ДК	Разметить
2102	Разрезка	21	ЖН	Разрезать
0419	Раскладка			Разложить
0116	Распломбирование	36	Э4	Распломбировать
4109	Резьбонарезание	13		Нарезать резьбу
4120	Сверлильная	29		Сверлить
0108	Слесарная			
0114	Смазывание	89	КВ	Смазать
2129	Сгибание		1С	Согнуть
0421	Сортировка			Сортировать
0170	Сушка		ЛК	Сушить
0424	Укладывание			Уложить
497	Шабровка	42		Шабрить
0115	Пломбирование	30	Э4	Пломбировать

Пр и м е ч а н и е :

1. ГОСТ 3.1703-79
2. Классификатор /Г37/

Таблица 2 – Контрольные операции и их условные коды

Код	Наименование и содержание операции
0389	Контроль
0381	Контроль сборки
0220	Контроль линейных размеров
0230	Контроль отклонения расположения поверхности
0240	Контроль отклонений формы поверхности
0250	Контроль угловых размеров
0255	Контроль шероховатости поверхности
0260	Контроль резьбовых соединений
0265	Контроль шлицевых соединений
0270	Контроль зубчатых передач
0290	Контроль червячных передач

Таблица 3 – Вспомогательные работы при сборке изделий в машиностроении [22; 24; 25]

№ п/п	Виды вспомогательных работ
1	Осмотр деталей перед сборкой
2	Застропиливание или отстропиливание изделий
3	Перемещение изделий при помощи грузоподъемных механизмов
4	Перемещение изделий к месту сборки вручную
5	Перемещение изделий по рольгангу к склизу
6	Навешивание, снятие изделий на транспортный подвесной конвейер вручную
7	Перемещение рабочего
8	Кантовка, поворот, перевертывание изделий вручную или подъемными средствами
9	Перемещение инструмента в рабочей зоне
10	Очистка деталей (узлов)
11	Промывка (промывание) деталей
12	Обдувка поверхностей деталей (узлов) сжатым воздухом
13	Протирка поверхности деталей (узлов)
14	Смазывание поверхности изделий
15	Наполнение смазкой внутренних полостей изделия
16	Установка и крепление деталей в тисках и снятие
17	Маркировка деталей (узлов)
18	Пломбирование
19	Укладывание изделий в тару вручную
20	Освобождение изделий от оберточной бумаги
21	Сортировка на группы

Таблица 4 – Виды слесарных работ при сборке изделий в машиностроении [22;24;25]

№ п/п	Виды слесарных работ
1	Правка деталей как способ исправления дефектов заготовок из листового, полосового или пруткового материала
2	Гибка как способ обработки деталей давлением с целью придания изогнутой формы
3	Рубка проволоки, листового материала зубилом
4	Резка металла и вырезка прокладок
5	Пробивка отверстий в прокладках
6	Опиливание и зачистка выступающих частей винтов и заклепок
7	Зачистка кромок или заусенцев
8	Притупление острых кромок деталей
9	Зачистка кромок пазов и шлицев, шпоночного паза пневматической машинкой со стальной (абразивной) шарошкой
10	Зачистка кромок зубьев
11	Опиливание плоскостей
12	Обработка плоскостей напильником или шлифовальной пневматической машинкой
13	Сверление сквозных отверстий пневматической или электрической сверлильной машинкой
14	Зенкование пневматической или электрической машинкой
15	Нарезание резьбы в сквозных цилиндрических отверстиях вручную
16	Нарезание резьбы в сквозных цилиндрических отверстиях электро- или пневмодрелью
17	Промывка деталей в ванне (групповое)
18	Промывка изделий в промывочной машине
19	Протирка (доводка) деталей (клапанов, зубчатых колес, плунжеров и т.п.)
20	Шабрение (шабровка) плоских и цилиндрических поверхностей деталей
21	Съем припуска с компенсатора
22	Развертывание цилиндрических или конических сквозных отверстий вручную
23	Пригонка (калибровка) резьбы в сквозных отверстиях вручную
24	Нарезание резьбы на стержнях плашкой
25	Пригонка (калибровка) резьбы на стержнях плашкой
26	Разметка детали при помощи чертилки, масштабной линейки или шаблона
27	Кернение линий контура деталей и кернение центров отверстий
28	Вырубка смазочных канавок крейцмейселем
29	Клепка деталей (узлов)

Таблица 5 – Виды слесарно-сборочных работ по сборке машин и приборов в условиях массового, крупносерийного и серийного типов производства [22; 25]

№п/п	Наименование слесарно-сборочных работ
1	Установка прокладок, уплотнений
2	Установка пружинных колец
3	Установка шайб, крышек, шпонок, сальников и т.д.
4	Установка на плоскость простым наложением с совмещением кромок, рисок и отверстий при помощи подъемных средств
5	Установка изделий на вал или в отверстие вручную
6	Установка на вал или в отверстие при помощи подъемных средств
7	Установка изделий на шпильки или шпильками в отверстие вручную
8	Установка изделий на шпильки или шпильками в отверстие при помощи подъемных средств
9	Установка пружин
10	Установка прокладок на плоскость или на шпильки
11	Установка ременных или цепных передач
12	Установка болтов, пальцев, масленок в отверстия
13	Стопорение болтов, гаек стопорными шайбами или замковыми пластинами, стопорение проволокой
14	Запрессовывание деталей на вал или в отверстие на прессе
15	Запрессовывание деталей на вал или в отверстие вручную
16	Завертывание винтов, шпилек, наворачивание гаек предварительно на 2-3 нитки вручную
17	Завертывание винтов, шпилек, наворачивание гаек окончательно гайковертами
18	Затягивание винтов, гаек после окончательного завертывания
19	Ввертывание винтов, шурупов отверткой
20	Ввертывание (наворачивание) деталей с резьбой типа штуцеров, пробок, масленок вручную
21	Клепка соединений на пневматических и вибрационных станках, гидравлических прессах и клепальных аппаратах
22	Клепка слесарным молотком
23	Регулировка расположения на валу шестерен и других деталей
24	Регулировка зацеплений конических пар колес, червячных пар
25	Регулировка подшипников
26	Проверка легкости вращения изделий при сборке
27	Контрольные измерения
28	Балансировка СБЕ и машин в сборе
29	Сборка всех видов соединений, приведенных в табл. 1.1

Таблица 6 – Выбор типа производства в зависимости от объема выпуска, номенклатуры, количества изделий по серийности и коэффициента закрепления операций [7;17;29]

Единичное		Мелкосерийное		Серийное		Крупносерийное		Массовое	
1. Объем выпуска изделий		1. Объем выпуска изделий		1. Объем выпуска изделий		1. Объем выпуска изделий		1. Объем выпуска изделий	
Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск изделий, шт.	Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск изделий, шт.	Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск изделий, шт.	Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск изделий, шт.	Трудоемкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск изделий, шт.
Св. 2500	До 1	Свыше 2500	2–4	Св. 2500	Св. 5	Свыше 2500	–	Св. 2500	–
250 – 2500	До 3	250 – 2500	3–8	250 – 2500	9–60	250 – 2500	Св. 60	250 – 2500	–
25 – 250	До 5	25 – 250	8–30	25 – 250	31–350	25 – 250	351 – 1500	25 – 250	Св. 1500
2,5 – 25	До 8	2,5 – 25	9–50	2,5 – 25	51–600	2,5 – 25	601 – 3000	2,5 – 25	Св. 3000
0,25 – 2,5	–	0,25 – 2,5	До 8	0,25 – 2,5	81–800	0,25 – 2,5	801 – 4500	0,25 – 2,5	Св. 4500
До 0,25	–	До 0,25	–	До 0,25	–	До 0,25	1000 – 6000	До 0,25	Св. 6000
2 Номенклатура		2 Номенклатура		2 Номенклатура		2 Номенклатура		2 Номенклатура	
Различная		Состоит из изделий, выпускаемых мелкими партиями или сериями, систематически повторяющимися		Состоит из изделий, выпускаемых мелкими партиями или сериями, повторяющимися через определенные промежутки времени		Состоит из изделий, выпускаемых крупными партиями или сериями, систематически повторяющимися		Постоянная	
3 Организационная форма		3 Организационная форма		3 Организационная форма		3 Организационная форма		3 Организационная форма	
Стационарная непоточная сборка без расчленения процесса		Стационарная непоточная сборка без расчленения процесса и с расчленением		Стационарная и подвижная поточная сборка с расчленением работ и регламентированным тактом их выполнения при большом объеме работ		Подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств		Подвижная поточная сборка с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств; такт сборки строго регламентирован	

Продолжение табл. 6

Коэффициент закрепления операций, K_0						
Св. 40		Св. 20 до 40		Св. 10 до 20		Св. 1 до 10
						1,0
Распределение количества изделий по серийности						
Вид производства	Количество машин в серии					
	Крупных		Средних		Малых	
Мелкосерийное	2-5		6-25		10-50	
Среднесерийное	6-25		26-150		51-300	
Крупносерийное	Свыше 25		Свыше 150		Свыше 300	

Таблица 7 – Смещения $\pm f_x$ средней плоскости венца червячной передачи (по ГОСТ 3675–81)

Степень точности	Межосевое расстояние a_w , мм				
	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 250	Свыше 250 до 315	Свыше 315 до 400
	Смещения $\pm f_x$ средней плоскости венца червячной передачи, мкм				
8	63	71	80	90	100
9	100	110	130	140	150
10	130	180	200	200	240

Таблица 8 – Рекомендуемая осевая игра для конических однорядных роликовых подшипников [4]

Диаметр отверстия под подшипники d , мм		Допускаемые пределы осевой игры при угле контакта						Примерное расстояние между подшипниками
		$\alpha = 10 \div 16^0$				$\alpha = 25 \div 29^0$		
		Ряд 1		Ряд 2		Ряд 1		
Св.	до	min	max	min	max	min	max	
–	30	20	40	40	70	–	–	14d
30	50	40	70	50	100	20	40	12d
50	80	50	100	80	150	30	40	11d
80	120	80	150	120	200	40	70	10d
120	180	120	200	200	300	50	100	9d
180	260	160	250	250	300	80	150	6,5d
260	360	200	300	–	–	–	–	–
360	400	250	350	–	–	–	–	–

Таблица 9 – Предельные отклонения ленты стальной холоднокатаной из низколегированной стали (по ГОСТ 503-71)

Точность изготовления	Предельные отклонения, мм, при толщине ленты, мм							
	0,05–0,08	0,099–0,15	0,18–0,25	0,28–0,40	0,45–0,70	0,75–0,95	1,00–1,15	
Нормальная	–0,015	–0,02	–0,030	–0,040	–0,050	–0,070	–0,090	
Повышенная	–0,011	–0,015	–0,020	–0,030	–0,040	–0,050	–0,060	
Высокая	–	–0,010	–0,015	–0,020	–0,025	–0,030	–0,040	

П р и м е ч а н и е. Толщину ленты выбирать из ряда чисел: 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,10; 0,11; 0,12; 0,15; 0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,30; 0,32; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,57; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; 1,0; 1,05; 1,1; 1,15.

Таблица 10 – Оценка структуры изделия [10]

Интервал значений α	Структура изделия
2,0 до 1,5	Непрогрессивная
Свыше 1,5 до 1,0	Низкая прогрессивность
Свыше 1 до 0,5	Средняя прогрессивность
Свыше 0,5 до 0	Высокая прогрессивность

Таблица 11 – Оценка структуры ТПС

Интервал значений ΔKi	Структура ТСС изделия
2,0 до 1,5	Нерациональная
Свыше 1,5 до 1,0	Низкая рациональность
Свыше 1,0 до 0,5	Средняя рациональность
Свыше 0,5 до 0	Высокая рациональность

Таблица 12 – Значения постоянных коэффициентов C_1 и C_2 , найденные с учётом величины коэффициентов Пуассона μ_1 и μ_2 охватывающей и охватываемой деталей [20]

$\frac{d_0}{d}$ – для C_1 $\frac{d}{D}$ – для C_2	C_1			C_2		
	Сталь	Бронза	Чугун	Сталь	Бронза	Чугун
0,00	0,70	0,67	0,75	1,30	1,33	1,25
0,10	0,72	0,69	0,77	1,32	1,35	1,27
0,20	0,78	0,75	0,83	1,38	1,41	1,38
0,30	0,89	0,86	0,94	1,49	1,52	1,44
0,40	1,08	1,05	1,13	1,68	1,71	1,63
0,45	1,21	1,18	1,26	1,81	1,84	1,76
0,50	1,37	1,34	1,42	1,95	2,00	1,92
0,55	1,57	1,54	1,62	2,17	2,20	2,12
0,60	1,83	1,80	1,88	2,43	2,46	2,38
0,65	2,17	2,14	2,22	2,77	2,80	2,72
0,70	2,62	2,59	2,67	3,22	3,25	3,17
0,75	3,28	3,25	3,33	3,84	3,87	3,79
0,80	4,25	4,22	4,30	4,85	4,88	4,80
0,85	5,98	5,95	6,03	6,58	6,61	6,53
0,90	9,23	9,20	9,28	9,83	9,86	9,78
0,925	12,58	22,56	12,63	13,18	13,21	13,13
0,95	18,70	18,67	18,75	19,30	19,33	19,25
0,975	38,70	38,67	38,75	39,30	39,33	39,25
0,990	98,70	98,67	98,75	99,30	99,33	99,25

Diagram illustrating a cross-section of a structure with three layers. The top and bottom layers are hatched and contain vertical arrows pointing towards the center. The central channel has a dashed line with arrows pointing outwards. Labels include P , $P_{\text{зап}}$, $F_{\text{тр}}$, d^0 , d , and D .

Значение модуля упругости E для некоторых материалов;
 стали ст.20, ст.30, ст.40, ст.45, ст. 40Г – $E = (1,96 \div 2,06)10^4$;
 чугун СЧ28 – $E = (0,74 \div 1,05)10^4 \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{мм}^2} \right]$.

Таблица 13 – Нормативы времени на слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях крупносерийного и массового типов производства

№ п/п	Вид слесарно – сборочных работ		T , мин (оперативное время. Формулы для расчетов)	Примечание
1	2		3	4
1	Откусывание проволоки кусачками обыкновенными вручную		$T = 0,037 D^{0,69}$	Проволока из стали диаметром D ; 1) первый рез; 2) последующие резы
2			$T = 0,033 D^{0,69}$	
3	Прогонка (калибрование) резьбы метчиком вручную в изделии из конструкционной стали или чугуна		$T = \frac{0,04 L^{0,7}}{S^{0,6}}$	L – длина прогонки S – шаг резьбы
4	Прогонка (калибрование) резьбы плашками вручную			то же
5	Установка изделий на плоскость вручную	Простым наложением (Р – наибольший размер детали)	$T = 0,012 M^{0,07} p^{0,16}$	$M \leq 3$ кг
6			$T = 0,0095 M^{0,3} p^{0,16}$	$M > 3$ кг
7		С совмещением отверстий	$T = 0,015 M^{0,07} p^{0,16}$	$M \leq 3$ кг
8			$T = 0,0118 M^{0,3} p^{0,16}$	$M > 3$ кг
9		С совмещением кромок, рисков	$T = 0,0154 M^{0,07} p^{0,16}$	$M \leq 3$ кг
10			$T = 0,0122 M^{0,3} p^{0,16}$	$M > 3$ кг
11	Установка изделий на плоскость при помощи подъемных средств	Простым наложением	$T = 0,011 M^{0,29} p^{0,17}$	–
12		С совмещением кромок, рисков	$T = 0,012 M^{0,29} p^{0,17}$	–
13		С совмещением отверстий	$T = 0,030 M^{0,29} p^{0,17}$	–
14	Установка изделий на вал или в отверстие вручную диаметром до 50 мм (см. примечания)		$T = 0,0225 L^{0,2} M^{0,18}$	–
15			$T = 0,0037 L^{0,42} M^{0,18}$	
16			$T = 0,0376 L^{0,42} M^{0,18}$	
17			$T = 0,0062 L^{0,4} M^{0,18}$	
18	Установка изделий на вал или в отверстие при помощи подъемных средств диаметром до 50 мм		$T = 0,01 L^{0,37} M^{0,37}$	2) Поправочные коэффициенты даны в конце приложения
19	Установка изделий на шпильки или шпильками в отверстия	Вручную	$T = 0,029 L^{0,19} M^{0,02}$	–
20		При помощи подъемных средств	$T = 0,0088 L^{0,43} M^{0,41}$	На вызов крана 1,3 мин На застопоривание 9-10 мин
21	Установка винтовых цилиндрических пружин	Без их растяжения	$T = 0,002 h^{0,22} D^{0,38} \times d^{0,51}$	H – высота пружины D – диаметр пружины, мм; D – диаметр проволоки, мм
22		С их растяжением	$T = 0,022 D^{0,42} d^{0,48}$	
23	Установка уплотнительных колец, дисков, сальников	На гладкие валы и отверстия	$T = 0,004 L^{0,38} D^{0,38}$	L – длина продвижения;
24		На болты, шпильки и отверстия с резьбой	$T = 0,005 L^{0,38} D^{0,38}$	D – наружный диаметр кольца, мм

Продолжение табл.13

1	2		3	4
25	Установка прокладок на плоскость	Прямоугольные	$T=0,078 L^{0,27} B^{0,18}$	L, B, D – длина, ширина и диаметр прокладки
26		Круглые	$T = 0,0081 D^{0,43}$	
27	Установка прокладок на плоскость	Прокладки прямоугольные и жесткие	$T = 0,0045 L^{0,33} H^{0,19} \times n^{0,27}$	H и n – высота шпильки и их число
28		Прокладки круглые и жесткие	$T = 0,0077 D^{0,33} H^{0,19} \times n^{0,29}$	
29	Запрессовывание деталей на вал и в отверстие вручную		$T = 0,015 M^{0,3} D^{0,31} \times L^{0,24}$	M – масса детали
30	Запрессовывание штифтов вручную	Штифт цилиндрический	$T = 0,012 L^{0,52} D^{0,24}$	
31		Штифт конический	$T = 0,06 D^{0,26}$	
32	Установка n болтов, пальцев в отверстия		$T= \frac{0,0077 D^{0,29} L^{0,19}}{n^{0,16}}$	T – время на один болт
33	Установка шайб на вал, болт, винт, шпильки		$T = 0,0062 L^{0,21} D^{0,21}$	L – длина продвижения шайбы
34	Завертывание винтов, наворачивание гаек окончательно (после вывертывания на 2–3 мин)	Пневмо– или гайковерт	$T = \frac{0,0053 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	S – резьбы
35		Ключ коловоротный	$T = \frac{0,0016 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	
		Ключ торцовый (угол поворота 180°)	$T = \frac{0,0018 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	
		Ключ гаечный (угол поворота 180°)	$T = \frac{0,0028 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	
36				
37				
38	Завертывание винтов, наворачивание гаек предварительно (на 2–3 нитки вручную)		$T = 0,04 D^{0,17}$	–
39	Затягивание винтов, гаек после их окончательного завертывания	Ключ динамометрический	$T = 0,015 D^{0,43}$	–
40		Ключ гаечный	$T = 0,013 D^{0,43}$	
41		Ключ торцовый	$T = 0,012 D^{0,43}$	
42	Вывертывание винтов шурупов отверткой	Пневмо– и электроотвертка	$T = \frac{0,0028 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	L – длина завертывания S – шаг резьбы
43		Механическая отвертка	$T = \frac{0,0028 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	
44		Коловоротная отвертка	$T = \frac{0,0028 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	
45		Ручная слесарная отвертка	$T = \frac{0,0028 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	
46	Ввертывание, наворачивание деталей с резьбой типа штуцеров, пробок, масленок вручную		$T = \frac{0,0028 L^{0,73}}{S^{0,62}}$	3)см. примечания в конце приложения

Примечания:

1 При измененных условиях работы расчетное время (поз. 14–17) принимать с коэффициентом

Диаметр отверстия (мм), до							
25	50	75	100	150	200	300	400
0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,75

2 При измененных условиях работы расчетное время (поз. 18) принимать с коэффициентом

Диаметр отверстия (мм), до			
50	100	200	400
1,0	1,2	1,4	1,75

3 При ввертывании (навертывании) деталей с последующим затягиванием ключом время (поз. 45) рассчитать по формулам (поз. 38 – 40).

Таблица 14 – Нормативы времени на слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях среднесерийного производства

№ п/п	Вид слесарно-сборочных работ		T , мин (оперативное время, формулы для расчетов)	Примечание
1	Осмотр изделия перед сборкой		$T = 0,0062 M^{0,73} D^{0,15} L^{0,21}$	
2	Установка изделий на вал или в отверстие паза при помощи приспособлений и снятие	Установка без крепления	$T = 0,065 M^{0,18} L^{0,44}$	L – длина посадки
3		Установка с креплением двумя винтами	$T = 0,152 M^{0,13} L^{0,33}$	
4		Снятие без крепления	$T = 0,052 M^{0,18} L^{0,44}$	
5		Снятие с крепления двумя винтами	$T = 0,121 M^{0,13} L^{0,33}$	
6	Установка изделий при шлицевом при шлицевом соединении вруч–ную		$T = 0,121 z^{0,42} L^{0,2} M^{0,39}$	z – количество шлицев
7	Установка изделий на шпильки при шлицевом соединении вруч–ную		$T = 0,015 \cdot N^{0,45} L^{0,2} M^{0,4} \times n^{0,09}$	N – количество шлицев n – количество шпилек
8	Установка деталей в проушину (паз) с совмещением отверстий вручную	Установка свободная	$T = 0,0268 L^{0,38} n^{0,48} M^{0,16}$	L – длина продвижения в проушину, мм n – количество проушин
9		Установка с помощью молотка	$T = 0,0048 L^{0,39} n^{0,14} M^{0,10}$	T – время на одну шпильку
10	Ввертывание шпилек шпильковертом с роликовым или резьбовым патроном		$T = \frac{0,0248 D^{0,71}}{S^{0,42}}$	
11	Ввертывание шпилек ключом с резьбовым патроном		$T = \frac{0,0381 D^{0,71}}{S^{0,42}}$	
12	Навертывание специальных гаек вручную		$T = 0,04 D^{0,18} L^{0,58}$	
13	Навертывание и навертывание деталей с резьбовым соединением типа штуцеров, пробок, масленок вручну и гаечным ключом		$T = \frac{0,059 L^{0,63}}{S^{0,6}}$	

Таблица 15 – Нормативы времени на слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях единичного типа производства

№ п/п	Вид слесарно-сборочных работ	$T_{\text{мин}}$ (оперативное время, формулы для расчетов)	Примечание
1	Групповое стопорение болтов (гаек) проволокой	$T = \frac{0,33 D^{0,56}}{n^{0,17}}$	D – диаметр проволоки, мм n – количество болтов (гаек)
2	Стопорение болтов (гаек) шайбами(замковыми пластинами)	$T = 0,163 n^{0,55} B^{0,21}$	B – толщина шайбы, мм
3	Стопорение соединений шплинтами	$T = 0,03 L^{0,47} D^{0,55}$	L – длина шплинта, мм D – условный диаметр шплинта, мм
4	Ввертывание болтов (навертывание гаек) гаечным ключом; L – длина свинчивания, D – диаметр резьбы, мм	$T = \frac{0,152 L^{0,43}}{D^{0,72}}$	$D = 6 \div 10$ мм
5		$T = 0,0197 L^{0,85} D^{0,32}$	$D = \text{св.} 10 \div 48$
6	Ввертывание болтов (навертывание гаек) торцовым ключом	$T = \frac{0,08 L^{0,85}}{D^{0,45}}$	$D = 6 \div 10$ мм
7		$T = 0,0216 L^{0,87} D^{0,12}$	$D = \text{свыше } 10 \div 48$
8	Ввертывание, навертывание шурупов, пробок, масленок, барашков вручную гаечным ключом	$T = \frac{0,04 D^{0,35} L^{0,89}}{S^{0,32}}$	D – диаметр резьбы L – длина свинчивания S – шаг резьбы
9	Ввертывание шпилек с помощью солдатака	$T = 0,023 L^{0,59} D^{0,4}$	L – глубина ввертывания, мм
10	Ввертывание шпилек с помощью двух гаек	$T = 0,023 L^{0,58} D^{0,57}$	То же
11	Навертывание круглых гаек на-кидным ключом	$T = 0,0729 L^{0,3} D^{0,37}$	То же
12	Установка пальцев (осей, штоков) в отверстие одной или нескольких деталей	$T = 0,00095 \cdot L^{0,82} D^{0,54}$	D – диаметр пальца L – длина посадки
13	Установка прямых-угольных прокладок на шпильках с числом до 6	Прокладка жесткая на шпильках	$T = 0,012 a^{0,4} b^{0,27}$
14		Прокладка жесткая по отверстию	$T = 0,0117 a^{0,4} b^{0,27}$
15		Прокладка мягкая на шпильках	$T = 0,0139 a^{0,4} b^{0,27}$
16		Прокладка мягкая по отверстию	$T = 0,01216 a^{0,4} b^{0,27}$
17	Установка круглых прокладок	Материал жесткий На шпильках	$T = 0,055 D^{0,31}$
18		Материал жесткий По отверстию	$T = 0,053 D^{0,31}$
19		Материал мягкий На шпильках	$T = 0,067 D^{0,31}$

Продолжение табл. №15

№ п/п	Вид слесарно-сборочных работ		T, мин (оперативное время, формулы для расчетов)		Примечание
20	Установка круглых прокладок	Материал мягкий по отверстию	$T = 0,062 D^{0,31}$		На шпильках до 6 шт.
21	Установка маховичков (рукояток) с креплением винтами (гайками)		$T = \frac{0,33 L^{0,52}}{D^{0,29}}$		L – длина ввертывания гайки, мм
22	Установка на вал деталей типа шкивов (маховиков) по посадке с зазором		$T = 0,024 L^{0,67} M^{0,71} K$		K = 1,4 – посадка переходная; K = 1,5 – посадка с натягом
23	Установка на вал деталей типа шкивов (маховиков) с помощью подъемника по посадке с зазором		$T = 0,06 L^{0,52} M^{0,31} K$		То же
24	Установка крышек с прокладками вручную и привертывание их винтами (болтами). Масса крышки до 20 кг; n – количество винтов, шт		$T = 1,011 L^{0,23} D^{0,28}$		n = 2
$T = 1,011 L^{0,32} D^{0,28}$			n = 4		
$T = 2,725 L^{0,20} D^{0,13}$			n = 6		
27	Установка крышек с прокладками вручную и привертывание их винтами (болтами). Масса крышки до 100 кг; n – количество винтов, шт		$T = 0,663 L^{0,37} D^{0,07}$		n = 2
$T = 0,216 L^{0,73} D^{0,21}$			n = 4		
$T = 0,273 L^{0,42} D^{0,23}$			n = 6		
$T = 0,272 L^{0,78} D^{0,02}$			n = 8		
31	Установка шпонок призматических в паз вала (отверстия) L – длина шпонки, мм		$T = 0,416 S^{0,342} L^{0,318}$		S = b x h
32	Запрессовка цилиндрических штифтов молотком		$T = 0,2 L^{0,22} D^{0,2}$		L – длина посадки, мм D – диаметр штифта, мм
33	Запрессовка конических штифтов (не зависимо от длины)	D, мм	4–6	10–15	20–25
		T, мм	0,50–0,56	0,62–0,70	0,78–0,88
34	Установка деталей (узлов) на плоскость вручную		$T = 0,056 B^{0,17} M^{0,58}$		То же
35	Установка деталей (узлов) на плоскость с помощью подъемника		$T = 0,0002 B^{0,98} M^{0,30}$		B – наибольший размер детали, мм
36	Установка деталей (узлов) на плоскость с совмещением отверстий вручную		$T = 0,0063 B^{0,33} M^{0,15}$		
37	Установка деталей (узлов) на плоскость или с совмещением отверстий с помощью подъемника		$T = 0,0023 B^{0,7} M^{0,52}$		
38	Установка валов (валиков) в сборе в открытые гнезда подшипников в корпусе вручную		$T = 0,02 B^{0,40} M^{0,55}$		L – длина вала, мм M – масса вала в сборе, кг
39	Установка валов в сборе в открытые гнезда подшипников в корпусе с помощью подъемника		$T = 0,202 B^{0,27} M^{0,12}$		То же
40	Установка деталей (узлов) на вал или в отверстие до упора вручную при посадке с зазором		$T = 0,119 B^{0,22} M^{0,33}$		D до 100 мм

Продолжение табл. №15

№ п/п	Вид слесарно-сборочных работ		T , мин (оперативное время, формулы для расчетов)	Примечание
41			$T = 0,135 B^{0,25} M^{0,32}$	$D = 100-150$ мм
42	Запрессовка деталей на вал или в отверстие со шпонкой вручную		$T = 0,1 L^{0,51} M^{0,44}$	Посадка переходная
43	Запрессовка деталей на вал или в отверстие со шпонкой подвесом (установка детали – вручную)		$T = 0,09 L^{0,42} M^{0,22}$	
44	Запрессовка деталей на вал или в отверстие без шпонки вручную		$T = 0,08 L^{0,53} M^{0,45}$	
45	Запрессовка деталей на вал или в отверстие под гидравлическим прессом (установка и снятие детали вручную)		$T = 0,048 \cdot L^{0,39} M^{0,21}$	Посадка переходная
46	Запрессовка подшипников качения на вал или в отверстие вручную		$T = 0,009 L^{0,76} D^{0,21}$	
47	Запрессовка подшипников качения на вал или в отверстие под прессом (механически)		$T = 0,053 L^{0,41} D^{0,34}$	
48	Запрессовка валов (валиков) в корпус вручную		$T = 0,0083 \cdot L^{0,81} \cdot M^{0,64}$	
49	Запрессовка валов (валиков) в отверстие прессом (установка и снятие детали вручную)		$T = 0,203 L^{0,28} M^{0,19}$	Посадка переходная и с натягом
50	Установка шайб на болты (винты, шпильки)		$T = 0,0028 L^{0,56} d^{0,38}$	D – внутренний диаметр шайбы, мм
51	Запрессовка валов (валиков) в отверстие корпуса прессом. Установка и снятие детали подъемником (посадки с натягом и переходные)		$T = 0,107 L^{0,24} M^{0,32}$	L – длина запрессовки
52	Установка деталей (узлов) на шлицевые валы вручную		$T = 0,037 L^{0,15} D^{0,8}$	Масса детали (узла) до 5 кг
53			$T = 0,043 L^{0,15} D^{0,78}$	Масса детали (узла) до 10 кг
54	Установка пружинных колец	В выточку на валу	$T = 0,013 L^{0,6} D^{0,31}$	L – длина продвижения
55		В выточку отверстия	$T = 0,0024 L^{0,41} D^{1,07}$	
56	Запрессовка втулок	Вручную	$T = 0,082 L^{0,5} D^{0,43}$	L – длина запрессовки
57		Прессом	$T = 0,0106 L^{0,52} D^{0,53}$	D – диаметр втулки, мм
58	Установка деталей (узлов) на шпильки (h – высота шпильки)	Вручную	$T = 0,09 n^{0,4} M^{0,5}$	$h = 40$ мм
59			$T = 0,104 n^{0,42} M^{0,55}$	$h = 60$ мм
60			$T = 0,092 n^{0,57} M^{0,57}$	$h = 100$ мм
61			$T = 0,187 n^{0,38} M^{0,49}$	$h = 130$ мм
62			$T = 0,2 n^{0,45} M^{0,46}$	$h = 200$ мм
63			$T = 0,248 n^{0,4} M^{0,49}$	$h = 300$ мм
64		С помощью подъемника	$T = 0,143 n^{0,59} M^{0,27}$	$h = 40$ мм
65			$T = 0,198 n^{0,48} M^{0,27}$	$h = 60$ мм
66			$T = 0,24 n^{0,49} M^{0,26}$	$h = 100$ мм
67			$T = 0,275 n^{0,5} M^{0,27}$	$h = 130$ мм
68			$T = 0,3 n^{0,36} M^{0,33}$	$h = 200$ мм
69			$T = 0,424 n^{0,43} M^{0,28}$	$h = 300$ мм
70	Ввертывание ходовых винтов		$T = \frac{0,034 \cdot D^{0,48} \cdot L^{0,6}}{S^{0,2}}$	

Таблица 16 – Нормативы оперативного времени на перевертывание, перемещение, протирание, смазывание, контрольное измерение и т.п. Массовое, крупносерийное и среднесерийное производство

Виды вспомогательных работ		T , мин (оперативное время. Формулы расчетов)	Примечание
Перемещение по рольгану		$T = 0,015 L^{0,5} M^{0,2}$	
Перемещение инструмента в рабочей зоне	Взять молоток (ключ, отвертку, шабер и т.п.)	$T = 0,02 L^{0,25}$	L – расстояние перемещения, мм
	Отложить молоток (ключ, отвертку, шабер и т.п.)	$T = 0,015 L^{0,25}$	
	Снять, переместить, включить, выключить и повесить съемный пневмо- или электроинструмент	$T = 0,02 L^{0,58}$	
	Подвести подвесной пневмо- или электроинструмент на гибкой связи, вкл.	$T = 0,025 L^{0,45}$	
То же, отвести и выключить		0,015 мин	
Перемещение инструмента при завертывании винтов, гаек и т.п. в процессе работы по технологической схеме		$T = 0,00053 L^{0,45} M^{0,23}$	M – масса перемещаемого инструмента, кг
Смазывание поверхностей изделий с гладкой поверхностью	Нанесение смазки маслостатью	$T = 0,0037 L^{0,15} D^{0,33}$ $T = 0,002 L^{0,15} B^{0,33}$	D – диаметр обработки;
	То же из масленки	$T = 0,00294 L^{0,15} D^{0,33}$ $T = 0,003 L^{0,15} B^{0,33}$	L – длина обработки; B – ширина обработки, мм
Осмотр деталей перед сборкой		$T = 0,006 L^{0,21} M^{0,73}$	D , L , и M – диаметр, длина и масса детали (узла)
Протирка деталей, узлов сухой салфеткой или замшей		$T = 0,005 B^{0,24} L^{0,32}$	плоские поверхности
		$T = 0,006 D^{0,24} L^{0,32}$	цилиндрические поверхности
Обдувка деталей узлом перед сборкой	Простые детали с гладкой поверхностью	$T = 0,003 B^{0,24} L^{0,41}$	детали плоские
		$T = 0,004 D^{0,24} L^{0,41}$	детали цилиндрические
	Сложные детали с выступами, карманами или отверстиями	$T = 0,004 B^{0,24} L^{0,41}$	детали плоские
		$T = 0,005 D^{0,24} L^{0,41}$	детали цилиндрические
Смазывание прокладок кистью	Прокладка прямоугольная	$T = 0,014 L^{0,39}$	L – периметр прокладки, мм
	Прокладка круглая	$T = 0,022 D^{0,39}$	D – диаметр прокладки, мм

Продолжение табл. №16

Виды вспомогательных работ		T , мин (оперативное время. Формулы расчетов)	Примечание
Наполнение смазкой узлов и внутренних поверхностей деталей	Маловязкие жидкости переливанием из открытого сосуда	$T = 0,04 V^{0,3}$	V – объем смазки, см ³
	Вязкие жидкости переливанием из открытого сосуда	$T = 0,066 V^{0,3}$	
	Маловязкие жидкости масляной	$T = 0,025 V^{0,64}$	
	Тавотницей или шприцем	$T = 0,09 V^{0,4}$	
	Лопаткой или рукой	$T = 0,068 V^{0,4}$	
Измерение величины зазора по кривой для подбора определенной пластины (набора пластин)		$T = \frac{0,038 L^{0,28}}{\sigma^{0,14}}$	L – длина измеряемой поверхности, мм σ – точность измерения, мм

Таблица 17 – Установка шпонок, штифтов, дисков и сальников. Оперативное время.

Установка шпонок в паз вала. Массовое и крупносерийное производство	Установочно-соединительные работы	
	Карта 1	Лист 1

Содержание работы:

- 1 Взять шпонку и специальный молоток;
- 2 Установить шпонку в паз вала и посадить до упора;
- 3 Отложить молоток.

I. Установка призматических шпонок

№ позиции	Сечение шпонки (мм) до	Длина шпонки (мм), до											
		10	20	28	40	50	63	70	80	100	125	160	200
		Время T , мин											
1	5x5	0,064	0,071	0,075	0,079	0,086	-	-	-	-	-	-	-
2	6x6	-	0,080	0,083	0,088	0,095	0,101	0,104	-	-	-	-	-
3	8x7	-	0,089	0,092	0,097	0,106	0,110	0,113	0,125	-	-	-	-
4	10x8	-	-	0,100	0,106	0,115	0,120	0,122	0,134	0,143	-	-	-
5	12x8	-	-	0,109	0,116	0,124	0,129	0,131	0,145	0,154	0,159	-	-
6	14x9	-	-	-	0,124	0,134	0,139	0,141	0,156	0,164	0,170	0,184	-
7	16x10	-	-	-	-	0,143	0,149	0,151	0,165	0,175	0,180	0,194	-
8	18x11	-	-	-	-	0,153	0,158	0,160	0,175	0,184	0,190	0,205	0,222
9	20x12	-	-	-	-	-	0,168	0,170	0,186	0,195	0,202	0,216	0,242
Индекс		<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>e</i>	<i>жс</i>	<i>з</i>	<i>и</i>	<i>к</i>	<i>л</i>	<i>м</i>
Установка шпонок в паз вала. Массовое и крупносерийное производство		Установочно-соединительные работы											
		Карта 1						Лист 2					

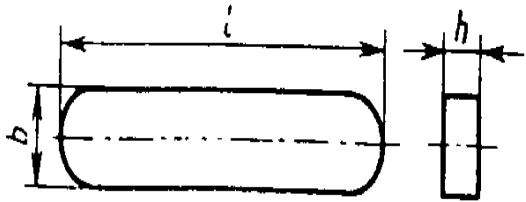
Продолжение табл. 17

II. Установка клиновых шпонок

№ поз	Сечение шпонки, мм до	Длина шпонки, мм до											
		10	20	28	40	50	63	70	80	100	125	160	200
		Время T, мин											
10	5x5	0,078	0,084	0,088	0,092	0,096	-	-	-	-	-	-	-
11	6x6	-	0,094	0,098	0,102	0,106	0,112	0,115	-	-	-	-	-
12	8x7	-	0,105	0,108	0,113	0,118	0,123	0,126	0,130	-	-	-	-
13	10x8	-	-	0,118	0,123	0,128	0,133	0,136	0,140	0,149	-	-	-
14	12x8	-	-	0,128	0,134	0,138	0,143	0,146	0,151	0,160	0,166	-	-
15	14x9	-	-	-	0,144	0,149	0,154	0,157	0,162	0,171	0,177	0,192	-
16	16x10	-	-	-	-	0,159	0,165	0,168	0,172	0,182	0,188	0,202	-
17	18x11	-	-	-	-	0,170	0,176	0,178	0,182	0,192	0,198	0,214	0,231
18	20x12	-	-	-	-	-	0,187	0,189	0,194	0,203	0,210	0,225	0,252
Индекс		<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	<i>и</i>	<i>к</i>	<i>л</i>	<i>м</i>

III. Установка сегментных шпонок

№ поз.	Ширина шпонки, мм до	Высота шпонки, мм до	Длина шпонки (мм), до		
			24,5	31,4	37,1
			Время T, мин		
19	4...5	5...10	0,06	-	-
20	6	9...13	-	0,07	-
21	9...10	11...15	-	-	0,08
Индекс			<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>

Установка шпонок в паз вала. Среднесерийное производство	Установочно-соединительные работы	
	Карта 2	
<p>Содержание работы:</p> <p>I Призматические шпонки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Взять напильник и шпонку; 2 Установить и закрепить шпонку в тисках; 3 Зачистить углы на концах шпонки, по радиусам и боковым плоскостям; 4 Отложить напильник; 5 Открепить и снять шпонку; 6 Взять специальный молоток; 7 Установить шпонку в паз вала; 8 Посадить шпонку до упора; 9 Отложить молоток. <p>II Сегментные шпонки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Взять шпонку и специальный молоток; 2 Установить шпонку в паз вала; 	 <ol style="list-style-type: none"> 3 Посадить шпонку до упора; 4 Отложить молоток. 	

Продолжение табл. 17

I. Призматические шпонки

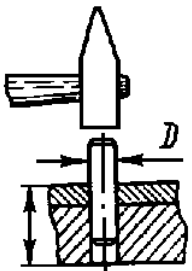
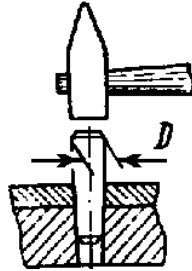
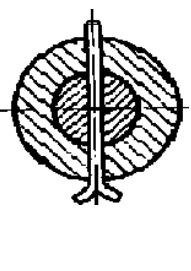
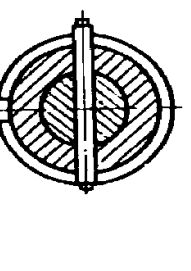
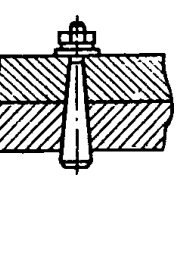
№ поз.	Сечение шпонки, мм	Длина шпонки, мм до						
		20	32	50	70	90	110	160
		Время T , мин						
1	1x1,4; 3x3; 3x5	0,45	0,50	0,56	0,70	0,80	-	-
2	6x6; 4x4; 8x7; 10x8; 12x8; 14x9	-	0,55	0,65	0,75	0,88	0,96	1,15
3	16x10; 18x11; 20x12	-	-	0,92	1,10	1,25	1,35	1,70
4	22x14; 28x16; 32x18	-	-	-	1,40	1,60	1,70	2,10
Индекс		<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>

II. Сегментные шпонки

№ поз.	Размер $b \times d$	Высота шпонки h , мм				
		7,5	10	13	15	17
		Время T , мин				
5	5x22/21,6	0,10	0,11	-	-	-
6	6x28/27,3	-	-	0,11	0,12	-
7	10x38/37,1	-	-	-	0,12	0,13
Индекс		<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>

Примечание:

При установке призматических шпонок без подгонки приведенное в нормативной карте время по позициям 1–4 принимать с коэффициентом 0,25.

Запрессовывание штифтов вручную Среднесерийное производство			Установочно-соединительные работы Карта 3		
I	II	III	IV	V	VI
					

Приложение Б

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

[illegible]

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16														
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										01.000.00018		2		
										МШ.15А7.090.202.18		10.1.88XXXXXX		
Обозначение документа														
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.
Б	Код, наименование оборудования													
01	10	1	-	015	0108 Слесарная									
02	Сборочный стеллаж 7825-0024													
03					1	Установить корпус поз. 1, 2 на стеллаж								
04	Строп - 2СЦ-5.02.302.0202 СБ Кран полукословой Q = 1 т													
05														
06	2 Отвернуть болты 30, 31 (гайки) соединяющие нижний корпус - 1 с верхним													
07	корпусом поз. 2 и уложить на стеллаже													
08	Гайковёрт ИП - 3113А ГОСТ 10210-74 Головка сменная 7819-4013													
09	Ключ 7813-4020													
10														
11	3 Выпрессовать штифты специальные поз. 25 из корпуса редуктора поз. 1, 2													
12	Молоток 7850-4003 Бородок 7851-0168													
13														
14	4 Снять верхнюю половину корпуса поз. 2 (нижнюю половину корпуса поз. 2)													
15	установить рядом на стеллаж и замаркировать цифрами													
16	Мел МК1 ГОСТ 17498-72													
17														
МК														

Навчальне видання

КРАВЧЕНКО Леонид Степанович

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

Навчальний посібник
для студентів машинобудівних спеціальностей

Російською мовою

Відповідальний за випуск А.І. Грабченко

Роботу рекомендував до друку О.М. Шелковий

Редактор видання В.М. Баранов

Комп'ютерний набір та
оригінал-макет О.О. Бісігірська,
В.О. Склепус

План 2003 р., поз.85

Підп. до друку.....03 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний
Друк – ризографія. Гарнітура Таймс. Ум. друк.
Обл.– вид. арк. 8,8. Наклад 100 прим. Зам. № Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ "ХПІ". Свідоцтво ДК №116 від 10. 07. 2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ „ХПІ”